

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
EKONOMICKÁ FAKULTA**

**KATEDRA FINANCÍ**

**Ocenění investičního projektu na bázi metodologie reálných opcí  
Valuation of the investment project based on real options methodology**

**Student: Sabina Ranná**

**Vedoucí diplomové práce: prof. Dr. Ing. Zdeněk Zmeškal**

**Ostrava 2010**

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou práci včetně všech příloh vypracovala samostatně.

V Ostravě dne 30.4.2010

---

podpis autora

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Popis metodologie reálných opcí.....</b>	<b>3</b>
2.1	Metoda čisté současné hodnoty.....	6
2.1.1	Metody za určitosti.....	6
2.1.2	Metody za rizika.....	7
2.2	Charakteristika opcí.....	9
2.2.1	Finanční opce a jejich klasifikace .....	9
2.2.2	Strategie a modely pro oceňování opcí .....	16
2.2.3	Charakteristika a klasifikace reálných opcí.....	25
<b>3</b>	<b>Charakteristika vybrané firmy a investičního záměru.....</b>	<b>30</b>
3.1	Princip stanovení výkupních cen.....	31
3.2	Nákladová analýza vybraného projektu .....	33
<b>4</b>	<b>Ocenění investičního projektu na bázi metodologie reálných opcí.....</b>	<b>35</b>
4.1	Stanovení podkladového aktiva a proměnných modelu.....	35
4.2	Vymezení základních parametrů pro výpočet hodnoty opce .....	39
4.3	Stanovení hodnoty NPV a hodnoty opce .....	40
4.4	Citlivostní analýza.....	51
<b>5</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>56</b>
	<b>Seznam použitých zdrojů.....</b>	<b>57</b>
	<b>Seznam použitých zkratk</b>	
	<b>Prohlášení o využití výsledků diplomové práce</b>	
	<b>Seznam příloh</b>	

# 1 Úvod

Zatímco jaderná energetika je relativně mladým oborem, energie vodních toků patří k nejstarším energetickým zdrojům, které se lidstvo ve své historii naučilo využívat. Vodní elektrárny jsou vysoce ekologickým zdrojem elektrické energie, avšak přesto jsou využívány jen jako doplňkový zdroj. Nejen v České republice je podíl vodních elektráren na celkové výrobě energie nízký. Evropská Unie proto podporuje výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů na celém svém území. Investoři však nejsou lákáni ekologičností projektů, ale jejich ziskovostí. Analyzují veškeré možnosti, které mohou přinést co nejvyšší zisk. Mezi nejmladší nástroje posouzení investic je řazeno ocenění na bázi metodologie reálných opcí. Role opčních metod a přístupů se v posledních letech výrazně zvyšuje. Vývoj opční metodologie je pokládán za velmi perspektivní oblast vědeckého výzkumu.

**Cílem diplomové práce** je ocenění projektu malé vodní elektrárny pomocí metodologie reálných opcí. Diplomová práce je rozdělena do tří hlavních částí. V první části je obecně popsána metodologie reálných opcí. Nejprve jsou přiblíženy standardní metody oceňování a jejich diverzifikace. Následně jsou specifikovány metody oceňování pomocí opcí finančních a pak reálných.

Ve druhé části je charakterizován investiční záměr a podmínky, ve kterých jsou stanovovány vstupní parametry pro ocenění projektu. Dále je vytvořena nákladová analýza jako podklad pro praktickou část práce.

V poslední části je aplikována metodologie reálných opcí pro ocenění daného investičního projektu. Je provedena analýza vstupních parametrů a určen náhodný proces podkladového aktiva. Dále je dle zvolené metody stanovená pasivní hodnota projektu a hodnota opce pro jednotlivé varianty. Na závěr je provedena citlivostní analýza vstupních parametrů.

## 2 Popis metodologie reálných opcí

V této kapitole je popsána metodologie oceňování investičních projektů. Nejdříve jsou obecně popsány standardní metody oceňování, následně je pozornost zaměřena na metody využívané pro hodnocení investic.

### Standardní metody oceňování

Pro oceňování aktiv, jmění a hodnot jsou dle Valacha (2006) všeobecně vyvinuty tři standardní postupy.

První metodou je metoda čisté současné hodnoty. Jsou prognózovány očekávané hotovostní toky (cash flows), které jsou dále diskontovány úrokovou mírou (tzv. nákladem kapitálu). Cash flows mají podobu dividend, kuponů, nominální hodnoty při splatnosti obligací či výnosů z projektů. Výše diskontní úrokové míry je odvozována z rizikovosti očekávaných cash flows. Platí zde, že vyšší úrokovou míru mají projekty s vyšší rizikovostí a naopak nižší s nižší rizikovostí.

Druhou metodou je označována metoda relativního oceňování (tzv. komparativní metoda). Metoda spočívá v odvozování hodnoty aktiv nebo jmění společnosti z dostupných údajů hodnot srovnatelných aktiv. Pro analýzu jsou využívány společné proměnné (např. zisky, cash flows, tržby, účetní hodnoty, hospodářské výsledky atd.). Je zde využíváno např. ukazatelů P/E (cena akcie dělena ziskem na akcii), P/BV (poměr tržní ceny akcie a její účetní hodnoty) nebo P/CF (poměr ceny akcie ke cash flow na akcii).

Poslední metodou je aplikace opční metodologie na odhady hodnoty a jmění firem, které jsou založeny na tzv. podmíněném nároku. Tímto nárokem je myšlena podmínka, že aktivum platí pouze v předem specifikovaných okolnostech nebo scénářích. Většina aktiv (investice, patenty, inovace) má opční prvky nebo charakteristiky na jejichž základě je založena opční technika. Tato metoda vychází z metody čisté současné hodnoty.

Pro hodnocení efektivnosti investic je využívána metoda čisté současné hodnoty a opční metodologie.

## **Metody hodnocení investičních projektů**

Pro výběr a realizaci investičních projektů se používá celá řada kritérií hodnocení investičních projektů. Výběr je založen na porovnání investičních výdajů vynaložených na investici a příjmů z ní plynoucích v případě realizace investice. U každé metody je nezbytné přesně vymezit předmět hodnocení, tedy vstupy do investice a výstupy z investice. Vždy je porovnáván stav výchozí se stavem budoucím. Stavem výchozím je označována situace, při níž nedojde k realizaci investice a stavem budoucím stav, který vyvolala realizace investice. Kritéria hodnocení investic mohou být členěna podle různých aspektů.

Za základní členění pokládáme členění z hlediska času. Metody jsou rozděleny na statické a dynamické.

### **Statické metody**

Zásadním rozdílem mezi statickými a dynamickými metodami je zohlednění faktoru času. U statických kritérií není zohledněn faktor času a vychází z nominálních hodnot. Pro statické metody je charakteristické, že jsou zaměřeny na sledování peněžních příjmů z investice nebo tyto příjmy poměrují s počátečními investičními výdaji. Statické metody jsou vhodné k hodnocení investic, u kterých faktor času nehraje důležitou úlohu. Jedná se o projekty s krátkou dobou životnosti s nízkým stupněm rizika. Použití těchto metod by mělo být pouze úvodní fází hodnocení efektivnosti. Pokud je investice prostřednictvím statických metod přijatelná, je pak vhodné pokračovat hodnocením pomocí metod dynamických.

### **Dynamické metody**

U dynamických kritérií je zohledněn faktor času. Dynamická kritéria jsou kritéria založená na současné hodnotě, tedy na diskontování budoucích příjmů a výdajů z investičních projektů. Tato kritéria jsou v současné době používána častěji, neboť se snaží odstranit nedostatky statických metod. Pomocí diskontního faktoru jsou nacházeny přesnější aktuální údaje.

Základní dynamické metody hodnocení investičních projektů jsou následující:

- čistá současná hodnota (Net present value - NPV);
- vnitřní výnosové procento (Internal Rate of Return - IRR);
- index ziskovosti (Profitability index - PI);
- doba návratnosti (Playback Period - PP);
- průměrný výnos z účtové hodnoty (Accounting-Based Profitability Measures - ABPM).

Nejvýznamnější z dynamických metod je metoda čisté současné hodnoty.

## 2.1 Metoda čisté současné hodnoty

Jde o metodu nejpoužívanější, protože jsou získávány srozumitelné výsledky a z toho plynou i jasná rozhodovací kritéria. Metodu čisté současné hodnoty lze klasifikovat dle dostupnosti vstupních parametrů takto:

- metody za určitosti;
- metody za rizika.

### 2.1.1 Metody za určitosti

O metodu určení čisté současné hodnoty za určitosti se jedná, jestliže známe předem hotovostní toky plynoucí z investice. Čistá současná hodnota (dále jen NPV) je pak rozdílem současné hodnoty všech budoucích peněžních příjmů z projektu a současné hodnoty výdajů vynaložených na investiční projekt. Pomocí vzorců dle Dluhošové (2006) zapsáno takto:

$$NPV = \sum_{t=1}^T FCF_t (1+R)^{-t} - JKV, \quad (2.1)$$

kde  $T$  je doba životnosti projektu,  $R$  je náklad kapitálu,  $FCF_t$  jsou volné peněžní toky v jednotlivých letech provozu investice a  $JKV$  jsou jednorázové kapitálové výdaje.

Provozní příjmy z investice u nezadluženého projektu jsou definovány takto:

$$FCF = EAT + ODP - \Delta\check{C}PK, \quad (2.2)$$

kde  $EAT$  je čistý zisk po zdanění,  $ODP$  je hodnota odpisů a  $\Delta\check{C}PK$  je změna čistého pracovního kapitálu.

Jednorázový kapitálový výdaj za předpokladu jednoročního investování ( $INV$ ) a skutečnosti, že po dobu životnosti investice již nebude investováno, je určen takto:

$$JKV = INV + \Delta\check{C}PK. \quad (2.3)$$



### 2.1.2 Metody za rizika

Pokud jsou finanční toky z investice náhodnou veličinou, jsou využívány k hodnocení projektu metody hodnocení za rizika. Zde je předpoklad, že je známo rozdělení pravděpodobnosti všech náhodných veličin. Pokud neznáme ani rozdělení pravděpodobnosti nazývá se tento jev rozhodování za nejistoty.

Dle možnosti aktivních zásahů v budoucnu jsou metody děleny na metody pasivní a aktivní.

#### Pasivní metody

U pasivních metod nejsou brány v úvahu zásahy do projektu během jeho životnosti. Mezi pasivní metody je řazena metoda jistotného ekvivalentu a metoda upraveného nákladu kapitálu.

Metoda jistotného ekvivalentu je založena na tom, že nejisté náhodné toky  $FC\tilde{F}$  jsou převedeny na jisté  $CE(FCF)$  a dále jsou diskontovány bezrizikovou sazbou  $R_f$ . Matematicky vyjádřeno takto:

$$NPV = \frac{FC\tilde{F}}{\tilde{R}} \Rightarrow \frac{CE(FCF)}{R_f}. \quad (2.4)$$

Výhodou dané metody je jednoduchost určení nákladů kapitálu. Naopak nevýhoda je spatřována v náročnosti převedení finančních toků na jisté. Hodnota finančních toků jistých závisí na tvaru užitečné funkce.

Metoda upraveného nákladu kapitálu spočívá v převedení nejistých finančních toků  $FC\tilde{F}$  na střední hodnotu těchto toků  $E(FCF)$ , která je dále diskontována rizikově upraveným nákladem kapitálu  $E(R_{riz})$ . Pomocí vzorce vyjádřeno následovně:

$$NPV = \frac{FC\tilde{F}}{\tilde{R}} \Rightarrow \frac{E(FCF)}{E(R_{riz})}. \quad (2.5)$$

Náklad kapitálu  $\tilde{R}$  je možno zjistit např. pomocí metody CAPM. Metoda upraveného nákladu kapitálu je v praxi často využívána. Lze jednoznačně určit střední hodnotu a pro určení rizikově upraveného nákladu kapitálu je vyvinuto mnoho metod. Uplatnění těchto metod pak závisí na dostupnosti dat.

Hodnota kritéria pro rozhodování u metod za určitosti a u pasivních metod je interpretována jako absolutní přírůstek majetku z realizace investice. Projekt tedy bude realizován tehdy, pokud  $NPV > 0$ , a zamítnut v případě, že  $NPV \leq 0$ . Investiční projekt s kladnou čistou současnou hodnotou zvyšuje hodnotu podniku, neboť očekávána výnosnost z projektu je větší než náklady na kapitál. Z toho vyplývá, že čím je hodnota NPV větší, tím je projekt výhodnější. Výhodou této metody je, že má aditivní vlastnost (NPV jednotlivých projektů je možno sčítat).

Za určitou nevýhodu lze považovat možnost umělého nadhodnocování projektu tím, že se stanoví delší doba životnosti projektu, než odpovídá reálným podmínkám. Kritérium je vhodné pro počáteční rozhodování o přijetí či nepřijetí projektu. Další nevýhodou je, že jde o přístupy pasivní. Nejsou brány v úvahu žádné zásahy v průběhu životnosti projektu a je zde předpoklad, že projekt bude ihned zahájen.

### **Aktivní metody**

Aktivní metody se liší od metod pasivních v možnosti zohlednění budoucích zásahů v rozhodování o přijetí projektů v případě, že se podmínky vyvíjejí jinak, než management původně předpokládal. Kvantifikace těchto zásahů je určena jako hodnota opce. Pro ocenění investičních projektů se využívá ocenění pomocí opcí reálných.

NPV projektu v jednotlivých letech je pak dle Dluhošová (2006b) určena takto:

$$V_{it} = CF_{it} + \frac{1}{1+r} \cdot (V_u \cdot p_u + V_d \cdot p_d), \quad (2.6)$$

kde  $V_{it}$  je hodnota projektu v roce  $t$  pro  $i$ -tý stav,  $V_u$  je hodnota růstu,  $p_u$  je pravděpodobnost růstu,  $V_d$  je hodnota poklesu a  $p_d$  pravděpodobnost poklesu.

## 2.2 Charakteristika opcí

Metodologie reálných opcí vyplývá z aplikace metodiky finančních opcí na reálná aktiva podniku. Proto jsou charakterizovány nejdříve opce finanční a popsána jejich základní klasifikace. V kapitole jsou uvedeny strategie a modely pro oceňování opcí a objasněn proces oceňování. Dále je přistoupeno k charakteristice reálných opcí a srovnání s finančními opcemi. Následně jsou reálné opce klasifikovány dle základních typů.

### 2.2.1 Finanční opce a jejich klasifikace

Finanční opce představuje právo koupit (kupní opce) či prodat (prodejní opce) podkladové aktivum za pevně stanovenou cenu a v pevně stanovenou dobu. Kontraktu se účastní dva subjekty, kupující a prodávající. Důležitou roli zde hraje základní charakteristika, kterou je asymetrické právo, kdy jedna strana je oproti straně druhé zvýhodněna. Zvýhodněná strana platí jen poplatek za uzavření smlouvy tzv. opční prémii. Základní parametry opcí jsou následující:

- podkladové aktivum ( $\hat{S}$ ) představuje náhodou veličinu, která může být finanční (burzovní index, cena akcie, cena obligace, měna, cena komodity, další opce) nebo nefinanční (např. u weather derivatů teplota, množství srážek, vlhkost);
- realizační cena ( $X$ ) je cena podkladového aktiva, na které se domluví protistrany a v době realizace je uplatněna;
- doba do splatnosti ( $T$ ) představuje interval, na který je kontrakt uzavřen;
- cena opce ( $c$ ) je částka, která je uhrazena při uzavření kontraktu plynoucí z možnosti uplatnění opčního práva (nazývána také opční premie);
- vnitřní hodnota ( $VH$ ) je rovna výplatní funkci dané opce a představuje efekt plynoucí v době realizace;
- zisk je tvořen rozdílem vnitřní hodnoty a ceny opce.

Během životnosti opce mohou nastat tři situace. Cena podkladového aktiva je rovna realizační ceně ( $\hat{S}=X$ ), tato situace se nazývá „at the money“ a opce může a nemusí být uplatněna. Zpravidla uplatněna bývá. Dále situace, kdy cena podkladového aktiva je vyšší než realizační cena ( $\hat{S}>X$ ) tzv. in the money a situace, kdy cena podkladového aktiva je nižší než realizační cena ( $\hat{S}<X$ ) tzv. out of the money. Pro uplatnění nároku záleží o jaký druh opce se jedná. Např. u situace „in the money“ je uplatnění pro opci call výhodné a pro opci put naopak nevýhodné.

## **Klasifikace finančních opcí**

Finanční opce jsou rozlišovány na tzv. plain vanilla a exotické opce. Plain vanilla představují základní opce typu call a putt opce. Exotické opce jsou charakterizovány složitějšími vlastnostmi.

### **Plain vanilla**

V případě opce typu call (kupní) má kupující právo koupit podkladové aktivum za realizační cenu. Naopak u opce typu put (prodejní) má kupující právo prodat podkladové aktivum za realizační cenu. Podle toho v jaké pozici se daný účastník nachází je dále možno rozeznávat krátkou (short) a dlouhou pozici (long). Krátkou pozicí je představován prodej, dlouhou pozicí koupě.

V praxi mohou nastat dle postavení investora tyto čtyři pozice:

- koupě kupní opce (long call);
- prodej kupní opce (short call);
- koupě prodejní opce (long put);
- prodej prodejní opce (short put).

Opce long call zakládá právo držitele si za realizační cenu koupit v termínu splatnosti podkladové aktivum. Za toto právo držitel hradí opční prémii. Bude-li v době možného uplatnění opce skutečná cena menší než cena realizační, pak opce nebude uplatněna, neboť by tento kontrakt pro kupujícího nebyl výhodný. Ztráta pro kupujícího je ve výši opční premie.

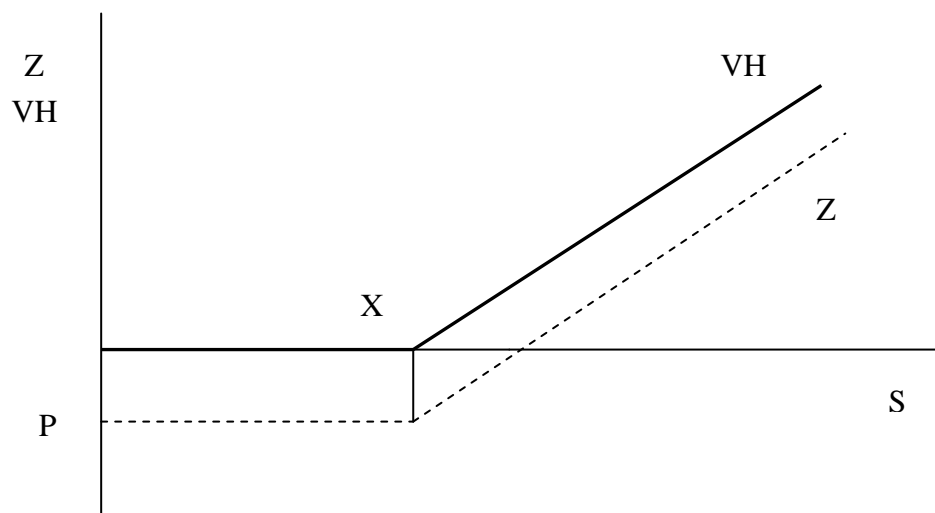
Pokud bude skutečná cena vyšší než realizační, pak opce uplatněna již bude. V tomto případě je pak řešeno, zda je skutečná cena menší než součet smluvené ceny a premie ( $S < X + P$ ). Nastane-li tato situace, vyplývá pro držitele omezená ztráta. Poslední situace, která zde může nastat, je ničím neohrazený zisk plynoucí držiteli při spotové hodnotě podkladového aktiva větší než součet realizační ceny a opční premie.

Graficky znázorněno Grafem 2.1. V následujících čtyřech grafech je označován  $Z$  zisk plynoucí pro držitele opce,  $P$  je opční premie a  $VH$  je vnitřní hodnota, tedy efekt plynoucí držiteli opce při různých úrovních podkladového aktiva ( $S$ ), za předpokladu určité sjednané realizační ceny ( $X$ ).

Vnitřní hodnota pro long call opcí je určena takto:

$$VH = \max(S_t - X; 0). \quad (2.7)$$

Graf 2.1 Zisková funkce call opce v long pozici



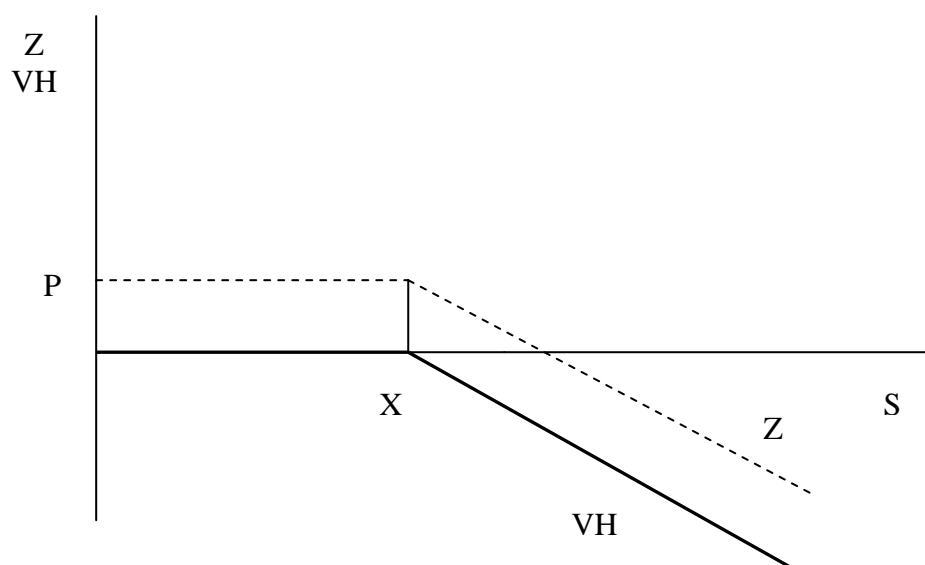
Opce short call zakládá povinnost prodat podkladové aktivum v době realizace za realizační cenu bez ohledu na výši spotové ceny podkladového aktiva. Za tuto povinnost obdrží prodávající opční premii. Pokud nebude opce uplatněna, pak majitel realizuje zisk ve výši opční premie. V případě, že opce uplatněna bude, pak majitel realizuje omezený zisk či neomezenou ztrátu. Omezený zisk vyplývá z rozdílu hodnoty podkladového aktiva a realizační ceny maximálně do hodnoty opční premie.

Je-li v době realizace cena podkladového aktiva vyšší než součet realizační ceny a opční prémie, pak může vzniknout držiteli ničím neomezená ztráta. Pozice je znázorněna Grafem 2.2.

Vnitřní hodnota short call opce je určena takto:

$$VH = \min(S_t - X; 0). \quad (2.8)$$

Graf 2.2 Zisková funkce call opce v short pozici

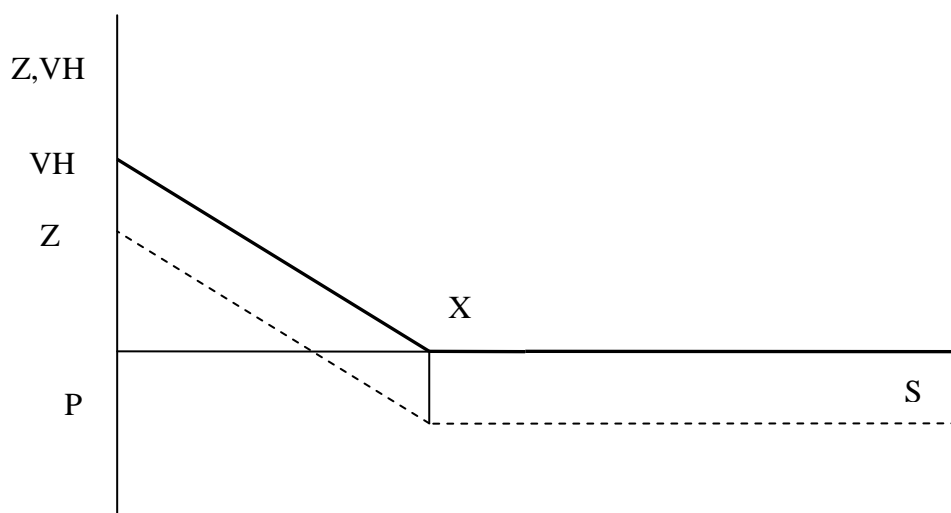


Long put pozice zakládá právo držitele za realizační cenu prodat v termínu splatnosti podkladové aktivum. Za toto právo držitel hradí opční prémii. Bude-li v době možného uplatnění opce spotová cena menší než cena realizační, pak opce bude uplatněna. Bude realizován omezený zisk v maximální výši rozdílu realizační ceny a opční prémie. Pokud spotová cena bude menší než součet realizační ceny a opční prémie ( $S < X + P$ ), pak vznikne držiteli ztráta menší než prémie. Poslední situaci, která by mohla vzniknout, je situace, že spotová cena podkladového aktiva bude větší než realizační cena. Opce nebude uplatněna a držitel realizuje ztrátu ve výši prémie, jak je zobrazeno Grafem 2.3.

Vnitřní hodnota je určena takto:

$$VH = \max(X - S_t; 0). \quad (2.9)$$

Graf 2.3 Zisková funkce put opce v long pozici

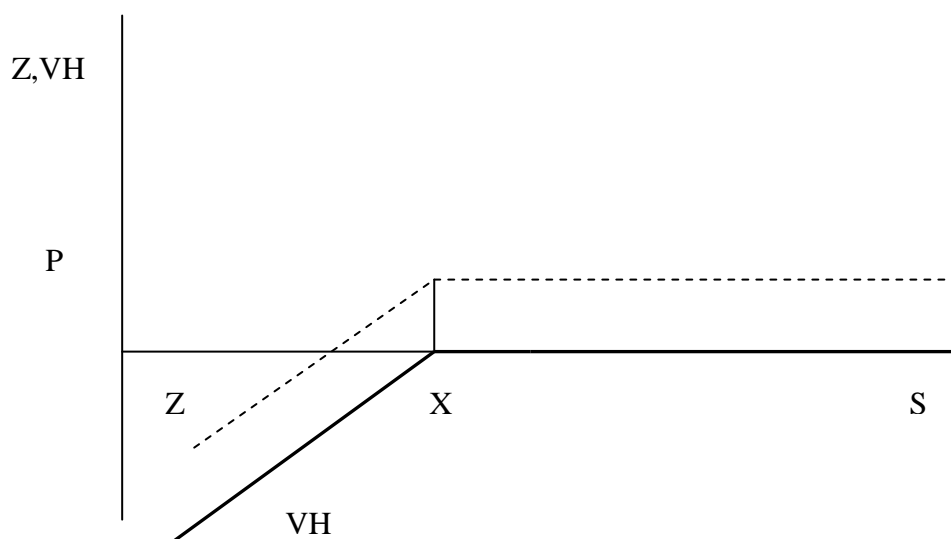


Opce short put zakládá povinnost koupit podkladové aktivum v době realizace za realizační cenu bez ohledu na výši spotové ceny podkladového aktiva. Za tuto povinnost obdrží opční prémii. Nastane-li situace, kdy spotová cena je nižší než cena realizační, pak bude opce uplatněna. Pro short pozici to znamená, že bude realizována omezená ztráta v maximální výši rozdílu realizační ceny a opční premie nebo bude realizován zisk menší než opční premie pro situaci kdy spotová cena podkladového aktiva je nižší než součet realizační ceny a opční premie ( $S < X + P$ ). K uplatnění opce nedojde, pokud spotová cena bude vyšší než cena realizační. Majitel short put obdrží celou opční prémii. Pozice je znázorněna Grafem 2.4.

Vnitřní hodnota short put opce je určena následovně:

$$VH = \min(S_t - X; 0). \quad (2.10)$$

Graf 2.4 Zisková funkce put opce v short pozici



Z grafů je jednoznačně čitelné, že pozice long a short se vyvíjejí zrcadlově. To, co jedna strana získá, to druhá strana ztratí. Součet zisků je nulový. Investor se rozhoduje pro danou pozici podle svého očekávání. Například pokud investor očekává pokles daného podkladového aktiva, prodává kupní opci. Jiný investor, který tuto opci koupí, pak očekává růst.

### Citlivost změny jednotlivých parametrů na výši opce

Výše opční prémie je ovlivňována řadou faktorů. Přehledně zobrazeno Tabulkou 2.1. Jednotlivé faktory ovlivňují výši opční prémie nejen dle druhu opce, ale i dle pozice investora. Zvýšení ceny je v Tabulce označeno znaménkem plus a snížení ceny znaménkem mínus.

Tab. 2.1 Přehled vlivu nárůstu daného faktoru (ceteris paribus) na prémie opcí

Faktor	Evropská call	Evropská put	Americká call	Americká put
Cena podkladového aktiva	+	-	+	-
Realizační cena	-	+	-	+
Doba do splatnosti			+	+
Volatilita	+	+	+	+
Bezriziková sazba	+	-	+	-
Výplata dividend	-	+	-	+

Zdroj: Blaha (1997)



Čím vyšší je hodnota podkladového aktiva a bezrizikové sazby, tím vyšší je opční premie call opce a nižší put opce. Naopak čím vyšší je realizační cena tím nižší je call opce a vyšší put opce. S vyšší volatilitou je hodnota opční premie vyšší u každého z typu opce, jelikož vyšší volatilita přináší vyšší rizikovost derivátu. Volatilita představuje větší kolísavost podkladového aktiva a tím i větší nejistotu při odhadu vývoje aktiva. Hodnotu opce ovlivňuje i délka splatnosti. Čím je delší doba do splatnosti, tím vyšší je požadována výnosnost, a proto je zvyšována i hodnota opční premie.

Dalším faktorem ovlivňujícím cenu opce je výplata dividend. Čím vyšší hodnota dividendy, tím vyšší opční premie. Výjimka se objevuje u Evropské opce, neboť může být uplatněna pouze v době splatnosti a nikoli během doby životnosti jako u americké opce. Pokud budou vyplaceny dividendy dříve než je doba splatnosti, hodnota podkladového aktiva klesne a tím sníží hodnotu opční premie. Proto není jednoznačně určeno pro evropskou opci typu call a put, že s dobou splatnosti roste i výše jejich opční premie.

## **Exotické opce**

Exotické opce je možno klasifikovat podle druhu výplatní funkce:

- funkce s pamětí (path dependent), jedná se o opce závislé na určité funkci např. Asijská opce, kdy výplatní funkce je závislá na průměrné ceně podkladového aktiva od začátku po využití ( $VH = \max(E(S) - X, 0)$ );
- a funkce s různou možností využití nebo limitem výplatní funkce, zde je možno zahrnout look back opce (s pohledem dozadu), kdy výplatní funkce závisí na maximální ceně ( $VH = \max(\max(S_{0,t}) - X, 0)$ ), bariérové opce (knock in, knock out), kde je možno nárokovat výplatu pouze v případě, že je proražena určitá limitní cena (u cap opce je cena proražena horním limitem, u floor opce je cena proražena spodním limitem).

Exotické opce je také možno klasifikovat z hlediska času na opce:

- evropské, kdy lze uplatnit opci jen v době realizace;
- americké, kdy je možno opci uplatnit v jakýkoliv okamžik;
- bermudské, kdy lze využít opci jen v předem stanovených momentech;
- swing, kdy je možno využít opci v předem stanovených intervalech.

Dále jsou klasifikovány exotické opce dle počtu rizikových faktorů:

- na jednofaktorové (náhodou veličinou je jeden faktor);
- dvoufaktorové (náhodnou veličinou jsou dva faktory);
- vícefaktorové (existuje více než dvě náhodné veličiny ovlivňující vývoj podkladového aktiva).

Dle variabilnosti volby lze opce rozlišovat na:

- opce s možností binární volby, kdy je rozhodováno mezi dvěmi možnostmi (zda opci využít či nevyužít);
- opce, kde je možno vybrat mezi větším množstvím variant (výběrové opce, exchange opce);
- switch opce, kde je možnost přepínat mezi různým množstvím variant.

### **2.2.2 Strategie a modely pro oceňování opcí**

Dle vývoje podkladového aktiva jsou rozeznávány tři typy modelů pro oceňování opcí. Modely, kde je předpokládán diskrétní vývoj podkladového aktiva (numerický model), modely, kde je předpokládán vývoj spojitý (analytický model) a specifickým druhem je pak modelování pomocí simulace (např. metoda Monte Carlo). Následně budou tyto modely blíže popsány.

#### **Diskrétní model**

U diskrétního modelu se hodnota podkladového aktiva se mění pouze v diskrétních časových okamžicích. Tato období jsou vždy stejně dlouhá. Tento model je zjednodušující, nicméně však často využíváný. Za jistých předpokladů konverguje k modelu spojitému.

Předpoklady modelu jsou následující:

- neexistuje možnost arbitráže (tj. nelze dosáhnout bezrizikového zisku);
- platí zákon jedné ceny (jestliže mají dvě různá aktiva v budoucnu stejnou cenu, pak za předpokladu nemožnosti arbitráže musí mít dnes stejnou cenu);
- existují dokonalé kapitálové trhy (tzn. neexistují transakční náklady a daně, neexistuje omezení na krátký prodej, podkladové aktivum je nekonečně dělitelné);
- výnos jakéhokoli aktiva je roven bezrizikové sazbě

Diskrétní modely mohou nabývat tří podob, a to:

- binomický model, kde podkladové aktivum v čase  $t+1$  může nabývat pouze dvou určitých hodnot (růst či pokles);
- trinomický model, kde podkladové aktivum v čase  $t+1$  může nabývat třech hodnot;
- multinomický model, kde podkladové aktivum v čase  $t+1$  může nabývat čtyř a více hodnot.

Nejčastěji je aplikován model binomický. Binomický model byl původně navržen Sharpem jako aproximace spojitého stochastického procesu v diskrétním čase, později pak detailně zpracován Coxem. Pravděpodobně zcela nezávisle byl v tomtéž čase zpracován obdobný model Rendlemanem a Bartterem. Tento model je využíván pro svoji univerzálnost a snadnou aplikovatelnost. Pomocí binomického modelu je možno ocenit libovolný finanční derivát.

U binomického modelu je předpokladem, jak již bylo zmíněno, že v následujícím období je možno dosáhnout s určitou pravděpodobností pouze dvou situací (růstu či poklesu). Zpravidla je předpokládáno, že index poklesu ( $d$ ) je určen převrácenou hodnotou indexu růstu ( $u$ ) takto:

$$d = \frac{1}{u}. \text{ Přičemž hodnota růstu je určena následovně:} \quad (2.11)$$

$$u = e^{\sigma\sqrt{dt}}, \quad (2.12)$$

kde  $\sigma$  je směrodatná odchylka podkladového aktiva a  $dt$  délka kroku.

Aby řešení splňovalo podmínku nemožnosti arbitráže je nutné, aby hodnota pravděpodobnosti růstu a poklesu byla v intervalu  $[0,1]$ . Pravděpodobnost růstu je určena jako:

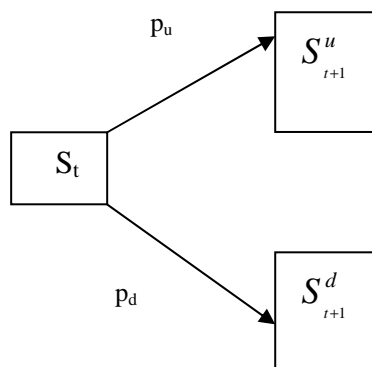
$$p_u = \frac{(1+R)^{dt} - d}{u - d} \quad (2.13)$$

$$\text{a poklesu pak } p_d = 1 - p_u. \quad (2.14)$$

Vývoj pomocí binomického modelu je znázorněn Grafem 2.5. Hodnota každého uzlu je určena dle vzorce:

$$S_{t+1}^u = S_t + u \cdot \Delta S \text{ a } S_{t+1}^d = S_t + d \cdot \Delta S. \quad (2.15)$$

Graf 2.5 Binomický model vývoje ceny podkladového aktiva pro jedno období



Základním principem oceňování opcí je princip současné hodnoty diskontovaných cash-flow. Je nutné znát střední hodnotu cash flow, kterou diskontujeme rizikově upraveným nákladem kapitálu. Hodnota call opce je stanovena následovně:

$$C = \frac{p \cdot \max(u \cdot S_T - X; 0) + (1 - p) \cdot \max(d \cdot S_T - X; 0)}{1 + r}. \quad (2.16)$$

U opcí je obtížné určit rizikově upravený kapitál, proto je pro propočet hodnoty opce využíváno replikační a hedgingové strategie.

Replikační strategie je založena na předpokladu, že je vytvořeno portfolio z podkladového aktiva  $\hat{S}$  a bezrizikového aktiva  $B$  tak, aby se při jakémkoliv vývoji hodnota daného portfolio rovnala hodnotě derivátu.

Pro výpočet opce jsou důležité následující tři vztahy, a to:

- hodnota portfolio v čase  $t$

$$C_t = a \cdot S_t + B; \quad (2.17)$$

- hodnota portfolio v čase  $t + dt$  při růstu ceny

$$C_{t+dt}^u = a \cdot S_{t+dt}^u + B_t \cdot (1 + r)^{dt}; \quad (2.18)$$

- hodnota portfolio v čase  $t + dt$  při poklesu ceny

$$C_{t+dt}^d = a \cdot S_{t+dt}^d + B_t \cdot (1 + r)^{dt}; \quad (2.19)$$

kde  $S_t$  vyjadřuje hodnotu podkladového aktiva,  $a$  množství podkladových aktiva a  $B$  hodnotu bezrizikového aktiva,  $C$  hodnotu derivátu,  $r$  bezrizikovou sazbu,  $u$  index růstu a  $d$  index poklesu ceny podkladového aktiva.

Řešením dané soustavy tří rovnic o třech neznámých docházíme k obecnému vztahu pro výpočet ceny opce:

$$C_t(1+r)^{dt} = C_{t+dt}^u \cdot \left[ \frac{(1+r)^{dt} \cdot S_t - S_{t+dt}^d}{S_{t+dt}^u - S_{t+dt}^d} \right] + C_{t+dt}^d \left[ \frac{S_{t+dt}^u - (1+r)^{dt} \cdot S_t}{S_{t+dt}^u - S_{t+dt}^d} \right]. \quad (2.20)$$

Což je možno zjednodušeně zapsat takto

$$C_t = (1+r)^{-dt} \cdot [C_{t+dt}^u \cdot p + C_{t+dt}^d \cdot (1-p)], \quad (2.21)$$

nebo

$$C_t = (1+r)^{-dt} \cdot E[C_{t+dt}], \quad (2.22)$$

kde  $p$  je rizikově neutrální pravděpodobnost růstu a  $E[C_{t+dt}]$  je rizikově neutrální střední hodnota.

## Hedgingová strategie

Základem hedgingové strategie je vytvoření portfolia z podkladového aktiva a opce tak, aby byl jeho výnos bezrizikový.

Hodnotu portfolia v čase  $t$  (v počátku období) je možno matematicky zapsat takto:

$$\pi_t = h \cdot S_t - C_t. \quad (2.23)$$

Za předpokladu, že dojde k nárůstu podkladového aktiva ( $S_t$ ), lze vývoj portfolia v následujícím období vyjádřit takto:

$$\pi_{t+dt}^u = h \cdot S_{t+dt}^u - C_{t+dt}^u. \quad (2.24)$$

A za předpokladu, že dojde k poklesu podkladového aktiva lze vývoj portfolia v následujícím období vyjádřit takto:

$$\pi_{t+dt}^d = h \cdot S_{t+dt}^d - C_{t+dt}^d, \quad (2.25)$$

kde  $h$  představuje množství podkladových aktiva a  $\pi_t$  hodnotu portfolia.

Zajištění proti pohybu změny ceny podkladového aktiva znamená, že hodnota portfolia musí být stejná na konci období jak při růstu tak při poklesu ceny, formulováno takto:

$$h \cdot S_{t+dt}^u - C_{t+dt}^u = h \cdot S_{t+dt}^d - C_{t+dt}^d, \quad (2.26)$$

z této rovnice je možno dále odvodit koeficient  $h$

$$h = \frac{C_{t+dt}^u - C_{t+dt}^d}{S_{t+dt}^u - S_{t+dt}^d} = \frac{\Delta C}{\Delta S}. \quad (2.27)$$

Jelikož výnos zajišťovaného portfolia musí být bezrizikový, potom můžeme odvodit následující pro pokles:

$$(h \cdot S_t - C_t) \cdot (1+r)^{dt} = h \cdot S_{t+dt}^u - C_{t+dt}^u, \text{ a pro růst} \quad (2.28)$$

$$(h \cdot S_t - C_t) \cdot (1+r)^{dt} = h \cdot S_{t+dt}^d - C_{t+dt}^d. \quad (2.29)$$

Cena opce pro pokles je odvozena následovně:

$$C_t = h \cdot S_t - (h \cdot S_{t+dt}^u - C_{t+dt}^u) \cdot (1+r)^{-dt}, \text{ a pro růst} \quad (2.30)$$

$$C_t = h \cdot S_t - (h \cdot S_{t+dt}^d - C_{t+dt}^d) \cdot (1+r)^{-dt}. \quad (2.31)$$

## Proces oceňování

Oceňování opcí pomocí rizikově neutrálního přístupu se dle Dluhošová (2006) provádí v těchto krocích. V prvním kroku je určen a odhadován náhodný proces podkladového aktiva. Může být stanoven subjektivním přístupem na základě odborného odhadu a předpovědi (tzv. expertní přístup) nebo objektivním přístupem na základě statistického odhadu náhodného procesu podkladového aktiva z tržních dat (historický přístup). V tomto kroku je dále stanovena rizikově neutrální hodnota růstu pro danou opci a rizikově neutrální pravděpodobnost.

Ve druhém kroku je vyjádřen vývoje podkladového aktiva. U subjektivního přístupu je vyjádřen dle odhadu. U objektivního přístupu je vyjádřen dle statistického odhadu.

Dále je stanovena vnitřní hodnota pro jednotlivé varianty a a cena opce pro jednotlivé uzly. Při určení ceny opce u evropské opce vycházíme z následujícího vztahu:

$$f_t = e^{-r \cdot dt} [f_{t+dt}^u \cdot (p) + f_{t+dt}^d \cdot (1-p)], \quad (2.32)$$

pro americkou opci pak

$$f_t = \max\{VH; e^{-r \cdot dt} [f_{t+dt}^u \cdot (p) + f_{t+dt}^d \cdot (1-p)]\}, \quad (2.33)$$

kde  $VH$  je vnitřní hodnota,  $p$  je pravděpodobnost růstu ( $u$ ) a  $(1-p)$  pak pravděpodobnost poklesu ( $d$ ).

V dalším kroku stanovujeme hledanou cenu opce  $f_0$ , která odpovídá ceně na počátku celého období.

Dále je rozhodováno o přijetí a nepřijetí opce jednotlivých uzlech binomického stromu. Matematicky lze toto rozhodnutí stanovit takto:

$$Q_i = \arg \max_{Q^1, Q^2} \{h(Q^1) = VH; h(Q^2) = e^{-r \cdot dt} [f_{t+dt}^u \cdot (p) + f_{t+dt}^d \cdot (1-p)]\}, \quad (2.34)$$

kde funkce  $\arg \max$  vyjadřuje argument funkce.

V posledním kroku je možné provést analýzu citlivosti na vstupní data.

## Spojité model

U spojitěho modelu je předpokladem vývoj podkladového aktiva v nekonečně malých časových okamžicích. Je využíván pouze pro oceňování opcí evropského typu. Tento model je nazýván podle svých tvůrců Black-Scholesův. Model umožňuje analytické řešení stanovení ceny opcí.

Model je postaven na těchto předpokladech:

- model pracuje pouze s evropskými opcemi;
- předpokládá ideální kapitálový trh což spočívá v neexistenci transakčních nákladů a daní, stejné výpůjční a zápůjční úrokové míře, neomezené dělitelnosti cenných papírů, dokonalé konkurenci na kapitálovém trhu;
- ceny podkladových faktorů se vyvíjejí dle geometrického Brownova pohybu s Logaritmičnými cenami;
- ceny jsou nezávislé na očekávaných výnosech;
- konstantní bezriziková sazba;
- konstantní volatilita;
- neuvažuje se s výplatou dividend;
- zanedbání kreditního rizika hrozícího platební neschopností vypisovatele opce.

Pro stanovení ceny opce vycházíme z předpokladu, že se model vyvíjí dle geometrického Brownova pohybu. Základním prvkem daného pohybu je Winerův proces (označovaný také jako specifický Wienerův proces), který vychází ze dvou předpokladů:

- sleduje Markovův proces (tzn., že predikované ceny jsou ovlivněny pouze aktuální cenou a ne cenami historickými);
- a změny cen jsou v čase nezávislé.

Wienerův proces je definován následovně,

$$\tilde{z}_1 - z_0 \equiv dz = \tilde{z} \cdot \sqrt{dt}, \quad (2.35)$$

kde  $\tilde{z}$  je náhodná proměnná z normovaného normálního rozdělení,  $N(0;1)$ , z toho vyplývá, že střední hodnota je rovna nule,  $E(dz)=0$  a směrodatná odchylka  $\sigma(dz) = \sqrt{t}$ .

Jedním z obecných typů stochastických procesů, který zahrnuje jako zvláštní případy Wienerovy a Brownovy procesy, je Itôův proces, který je definován pro proměnnou  $x$  následovně,

$$dx = a(x;t) \cdot dt + b(x;t) \cdot dz, \quad (2.36)$$

kde  $a$ ,  $b$  jsou funkcemi proměnné  $x$  a času  $t$ ,  $a(x;t)$  je přírůstek proměnné  $x$  a  $b(x;t)$  je směrodatná odchylka proměnné  $x$ .

Pak Brownův geometrický proces, u něhož se cena podkladového aktiva vyvíjí exponenciálním trendem je možno určit takto:

$$dx = \alpha \cdot x \cdot dt + \sigma \cdot x \cdot dz, \quad (2.37)$$

kde  $\alpha$  představuje průměrný výnos, zpravidla za období jednoho roku, a  $\sigma$  směrodatnou odchylku za rok.

Následně je již možno sestavit stochastickou diferenciální rovnici popisující vývoj libovolné funkce,  $G = f(x,t)$ , přitom proměnná ( $x$ ) je sama o sobě řešením zadané stochastické diferenciální rovnice. Jedná se o Itôovu lemu, která je stěžejní při analýzách stochastických diferenciálních rovnic. Itôova lema je definována tímto způsobem,

$$dG = \left( \frac{\partial G}{\partial t} + \alpha(x;t) \cdot \frac{\partial G}{\partial x} + \frac{1}{2} \cdot \sigma^2(x;t) \cdot \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} \right) \cdot dt + \sigma(x;t) \cdot \frac{\partial G}{\partial x} \cdot dz. \quad (2.38)$$

Dalším významným procesem, který je využíván při analytickém oceňování opcí, je geometrický Brownův proces s logaritmickými cenami. Předpokládá se, že proměnná (cena) se vyvíjí dle vzorce (2.37) a s využitím Itôovy lemy pro funkci  $G = \ln S$  dostaneme,

$$dG = d \ln S = \alpha \cdot dt + \sigma \cdot dz. \quad (2.39)$$

Jedná se o vyjádření spojitého času, kde  $\alpha = \mu - \frac{\sigma^2}{2}$ ,  $\mu = \ln \frac{S_T}{S}$ ,

kde  $\mu$ ,  $\sigma$  představují očekávaný přírůstek a volatilitu hodnoty aktiv.



Aby byl eliminován Wienerův proces ( $dz$ ), je třeba vytvořit portfolio ( $\Pi$ ), které se skládá z prodané call opce ( $-c$ ) a nakoupeného podkladového aktiva ( $S$ ), jehož množství musí být takové, aby se v krátkém časovém intervalu neměnila hodnota portfolia,  $\frac{\partial c}{\partial S}$ .

Matematicky vyjádřeno takto:

$$\Pi = \frac{\partial c}{\partial S} \cdot S - c. \quad (2.40)$$

Základním předpokladem je, aby výnos portfolia  $\Pi$  byl bezrizikový, tzn. zajištěný proti volatilitě podkladového aktiva, platí tedy

$$\Delta \Pi = r \cdot \Pi \cdot dt = \frac{\partial c}{\partial S} \cdot dS - dc, \quad (2.41)$$

kde  $r$  je bezriziková úroková sazba, u níž se předpokládá, že bude konstantní.

Dosazením rovnic (2.37) a (2.38) do rovnice (2.41) a následným upravením, získáme Black-Scholesovu parciální diferenciální rovnici:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial c}{\partial S} \cdot r \cdot S + \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} \cdot \sigma^2 \cdot S^2 = r \cdot c. \quad (2.42)$$

Po dalších úpravách je cena evropské call opce je určena následovně:

$$c = S_0 \cdot N(d_1) - e^{-rdt} \cdot X \cdot N(d_2), \quad (2.43)$$

$$\text{kde } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot dt}{\sigma \cdot \sqrt{dt}} \text{ a } d_2 = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{dt}. \quad (2.44)$$

Cena evropské put opce je určena takto:

$$p = e^{-rdt} \cdot X \cdot N(-d_2) - S_0 \cdot N(-d_1), \quad (2.45)$$

kde  $d_1$  a  $d_2$  jsou stejné jako u call opce.

$C$ ,  $p$  jsou ceny evropských call a put opcí,  $S_0$  je výchozí cena podkladového aktiva,  $X$  je realizační cena,  $r$  je roční bezriziková sazba,  $dt$  je doba do vypršení opce,  $\sigma$  je roční volatilita spojitěho výnosu podkladového aktiva. Symboly  $N(d_1)$  a  $N(d_2)$  udávají hodnotu funkce kumulativního normovaného normálního rozdělení,  $e^{-rdt}$  je spojitý diskontní faktor.

Put-call parita je vztah mezi cenami evropských put a call opcí, která je určena takto:

$$c + e^{-rdt} \cdot X = p + S_0. \quad (2.46)$$

U ocenění opcí hraje důležitou úlohu volatilita. V zásadě existují dva přístupy určení:

- historický přístup;
- a implied volatility přístup.

$$c + e^{-rdt} \cdot X = p + S_0.$$

U historického přístupu je postupováno následovně:

- zjištění uzavírací kurzů podkladového aktiva;
- propočet denních spojitých výnosů na bázi logaritmů dle následujícího vzorce:

$$R_i = \ln \left( \frac{S_i}{S_{i-1}} \right) = \ln S_i - \ln S_{i-1}; \quad (2.47)$$

- propočet průměrného denního výnosu:

$$\bar{R} = \frac{1}{N} \cdot \sum_i^N R_i; \quad (2.48)$$

- propočet výběrového rozptylu z denních výnosů:

$$S_{denni}^2 = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_i^N (R_i - \bar{R})^2; \quad (2.49)$$

- přepočet rozptylu na roční bázi:

$$S_{ročni}^2 = K \cdot S_{denni}^2, \text{ kde } K \text{ je počet obchodních dnů}; \quad (2.50)$$

- určení roční volatility výnosů podkladového aktiva:

$$\sigma = \sqrt{S_{ročni}^2}. \quad (2.51)$$

U implied volatility je volatilita odvozena pomocí BS modelu z tržních cen opcí. Tedy zjednodušeně řečeno, zadají se  $S_0$ ,  $X$ ,  $r$ ,  $dt$ , cena opce a volatilita je dopočtena z BS modelu jako neznáma.

## **Konvergence binomického modelu k BS modelu**

Binomický model byl původně navržen pro zjednodušení komplikovanějšího Black-Scholesova modelu. Binomický model s rostoucím počtem period a klesající délkou kroku ( $\Delta t$ ) konverguje k řešení při užití modelu BS.

## **Simulační modely**

Simulační modely jsou postaveny na principu řešení numerické úlohy pomocí mnohočetného opakování náhodných pokusů s využitím teorie pravděpodobnosti a statistiky a matematické analýzy. Nejčastěji využívanou metodou je simulace Monte Carlo. Metoda je vhodná pro ocenění tradičních evropských opcí, amerických opcí, ale i exotických opcí. Mezi nejznámější simulační metody jsou řazeny:

- metoda Monte Carlo;
- metoda redukující rozptyl;
- metoda protikladné proměnné;
- metoda Quasi Monte Carlo.

Pro aplikaci těchto metod je vhodné využít program Microsoft Excel nebo i profesionální simulační program Witness.

### **2.2.3 Charakteristika a klasifikace reálných opcí**

Pro zohlednění budoucích zásahů do vývoje investice a provádění dodatečných rozhodnutí je využíváno tzv. reálných opcí, které vychází z opcí finančních. Reálné opce stejně jako finanční představují právo prodat či koupit podkladové aktivum v době splatnosti. Lze je charakterizovat obecně jako opce amerického typu, s pamětí a s větší variantností voleb. Ocenění projektu pomocí reálných opcí může vést k jiným závěrům pro rozhodnutí o realizaci investice než u tradičních metod. Lze schválit i projekty, které byly pomocí tradičních metod zamítnuty. Protože budoucí rozhodnutí mají svou hodnotu, jsou aktivní zásahy do projektu posuzovány u reálných opcí jako opční prémie.

Hodnotu projektu je možno zapsat následujícím způsobem,

$$NPV(s\text{ opcí}) = NPV(\text{bez opce}) + \text{opční prémie}(\text{hodnota aktivních zásahů}), \quad (2.52)$$

Z toho vyplývá, že hodnota opce se rovná:

$$\text{opční prémie} = NPV(s\text{ opcí}) - NPV(\text{bez opce}). \quad (2.53)$$

Pokud žádné z opčních rozhodnutí nebude uplatněno je opční prémie rovna nule.

Pro porovnání změn u reálných opcí vzhledem k finančním je vytvořena následující Tabulka 2.6. Podkladové aktivum se z cen akcie, cen komodit či devizového kurzu změnilo na sledování vývoje současné hodnoty očekávaných peněžních toků. Peněžní toky mohou být ovlivňovány mnoha faktory deterministickými či stochastickými. Realizační cena vyjadřuje hodnotu investovanou do projektu. Doba životnosti opce je v zásadě nezměněna. Volatilita je stále určena z volatility podkladového aktiva. Rizikově neutrální prostředí je zachováno.

Tab. 2.6 Srovnání parametrů finančních a reálných opcí

Parametry	Finanční opce	Reálné opce
<b>Podkladové aktivum</b>	Cena akcie, cena komodity, devizový kurz	Současná hodnota očekávaných peněžních toků
<b>Realizační cena</b>	Cena, za kterou podkladové aktivum koupíme či prodáme	Investiční výdaje
<b>Doba životnosti opce</b>	Doba kdy bude právo na nákup či prodej uplatněno	Doba, kdy učiníme rozhodnutí nebo doba životnosti projektu
<b>Parametry volatilit</b>	Volatilita aktiva	Volatilita peněžních toků
<b>Bezriziková úroková sazby</b>	Rizikově neutrální prostředí	Rizikově neutrální prostředí

### Základní typy reálných opcí

Existuje zpravidla pět základních typů reálných opcí a to:

- opce vyčkávání (option to wait);
- opce na rozšíření projektu (option to expand);
- opce na zúžení projektu (option to contract);
- opce opuštění projektu (option to abandon a project);
- opce na dočasné přerušení projektu (option to shut down and restart).

Dále je možno tyto typy kombinovat.

Opce vyčkávání dává managementu možnost odložit zahájení projektu o  $t$  let a využít po tuto dobu odkladu dodatečné informace o vývoji budoucích základních proměnných jako jsou ceny vstupů, výstupů či objemy produkce nebo pohyby na trhu. Hodnota proměnných je vždy k začátku projektu známá, ale není znám jejich přesný budoucí vývoj (zpravidla jde o stochastické veličiny). Jejich průběh lze zpravidla zachytit určitým rozložením pravděpodobnosti. Až se tržní podmínky začnou vyvíjet příznivěji, může pak management rozhodnout o zahájení projektu. Jedná se o call opci. Parametry opce na vyčkávání jsou určeny takto:

- cena podkladového aktiva je rovna současné hodnotě cash flow projektu;
- realizační cena je rovna investičním výdajům;
- doba životnosti opce je rovna době, po kterou může být zahájení opce odloženo;
- bezriziková úroková míra je rovna dané bezrizikové úrokové míře;
- volatilita (směrodatná odchylka) je určena volatilitou hodnoty budoucích cash flows.

Vnitřní hodnota pro opci na vyčkávání je určena pomocí vzorce takto:

$$VH = \max(V_t - I_t; PV(E(V_{t+1})) - I_t), \text{ kde} \quad (2.54)$$

$V_t$  představuje hodnotu projektu v čase  $t$ ,  $I_t$  požadovaný investiční výdaj a  $PV(E(V_{t+1}))$  současnou hodnotu střední hodnoty projektu v čase  $t+1$ .

Pokud je současná hodnota střední hodnoty projektu v čase  $t+1$  vyšší než hodnota projektu v čase  $t$  pak je vhodné projekt odložit. Pokud je současná hodnota střední hodnoty projektu v čase  $t+1$  nižší pak je vhodné zahájit projekt dle původního plánu.

Opce na rozšíření projektu dává managementu možnost rozšířit původní projekt budováním dodatečných kapacit o určité procento z původní velikosti s investičními výdaji na rozšíření ve výši  $I_E$ . K rozšíření projektu dojde, pokud se tržní podmínky vyvíjí příznivěji, než se původně očekávalo. Jde o call opci, jež má parametry následující:

- současná cena podkladového aktiva je rovna současné hodnotě cash flow rozšířené části projektu;
- realizační cena je rovna dodatečným investičním výdajům ( $I_E$ ) pro rozšíření základního projektu;
- doba životnosti opce je rovna době, po kterou může být rozšíření uplatněno;
- bezriziková úroková míra je rovna aktuální bezrizikové úrokové míře;
- volatilita je určena volatilitou budoucích cash flows.

Vnitřní hodnota je maximum hodnoty projektu v čase  $t$  a rozdílu rozšířené části projektu ( $xV_t$ ) a investičních výdajů ( $I_E$ ), pomocí vzorce určeno následovně:

$$VH = \max(x \cdot V_t - I_E; 0). \quad (2.55)$$

Pokud je  $xV_t - I_E > 0$  pak je vhodné projekt rozšířit. Pokud je tomu naopak, ponecháme investici v původním stavu.

Opce na zúžení projektu je analogií opce na rozšíření projektu. Umožňuje managementu zmenšit původní velikost projektu prodejem části plánovaných výrobních kapacit o určité procento z původní velikosti projektu. Uplatňuje se tehdy pokud se tržní podmínky vyvíjejí méně příznivě než bylo v původních plánech očekáváno. Jde-li projekt kdykoli v průběhu životnosti zúžit jde o americkou opci s těmito parametry:

- současná cena podkladového aktiva je rovna současné hodnotě cash flow likvidované části projektu;
- realizační cena je rovna hodnotě uspořené investičních výdajů, nebo prodejní ceně odprodané části;
- bezriziková úroková míra je rovna aktuální bezrizikové úrokové míře;
- volatilita projektu je volatilita hodnoty budoucích cash flows.

Vnitřní hodnota je určena jako maximum nuly a rozdílu realizační ceny ( $I_c$ ) a odprodané části výrobních kapacit ( $yV_t$ ). Pomocí vzorce vyjádřeno takto:

$$VH = \max(I_c - yV_t; 0). \quad (2.56)$$

Pokud je vnitřní hodnota větší než nula přijímáme rozhodnutí o zúžení projektu. V opačném případě ponecháme projekt v původní šíři.

Opce na opuštění projektu je realizována v případě velmi nepříznivé situace na trhu. Před koncem doby životnosti je investice prodána za zůstatkovou cenu. Využívá se v situaci, kdy je projekt celkově neúspěšný, a nebo podmínky jsou dlouhodobě nepříznivé, a očekávání nenasvědčují v brzký zvrat. Jde o put opci s těmito parametry:

- současná cena podkladového aktiva je rovna současné hodnotě cash flows v čase  $t$ ;
- realizační cena je rovna zůstatkové ceně aktiv;
- za dobu životnosti je pokládána doba, po kterou může být opuštění uplatněno (zpravidla doba životnosti projektu);
- bezriziková úroková míra rovna aktuální bezrizikové úrokové míře;
- směrodatná odchylka pak určena jako směrodatná odchylka budoucích cash flows.

Vnitřní hodnota je rovna maximu nuly a rozdílu likvidační ceny projektu ( $A_t$ ) a současné hodnoty CF diskontované k okamžiku uplatnění opce ( $V_t$ ), pomocí vzorce takto:

$$VH = \max(A_t - V_t; 0). \quad (2.57)$$

Pokud je vnitřní hodnota větší než nula, pak přijímáme rozhodnutí o opuštění projektu.

Opce na dočasné přerušení projektu je využívána v odvětvích, kde by mohl být projekt provozován sezónně nebo ve vlnách. Musí zde být možnost přerušení projektu bez závažných následků. K přerušení projektu se přistupuje nejsou-li pokryty výnosy variabilní náklady produkce. Jestliže v dalším období ceny vzrostou nad minimální úroveň (dle vzorce bodu zvratu), pak je možné výrobu opět zahájit. Jedná se o call opci s těmito novými parametry:

- současná cena podkladového aktiva je rovna současné hodnotě cash flows v daném období;
- realizační cena je rovna variabilním nákladům výroby;
- doba životnosti opce je rovna době životnosti základního projektu;
- bezriziková úroková míra je rovna aktuální bezrizikové úrokové míře;
- a volatilita je určena z volatility budoucích cash flows.

Vnitřní hodnota je maximum nuly a rozdílu současné hodnoty CF v daném období ( $P_t$ ) a variabilních nákladů ( $VN_t$ ), vzorcem znázorněno takto:

$$VH = \max(P_t - VN_t; 0). \quad (2.58)$$

Pokud přesahují variabilní náklady výši současné hodnoty cash flow plynoucí z investice v daném období je vhodné danou investici přerušit.

### 3 Charakteristika vybrané firmy a investičního záměru

V této části práce je přiblížen investiční záměr, který bude předmětem ocenění. Jsou popsány ekonomické podmínky, ve kterých bude následně aplikováno ocenění pomocí metodologie reálných opcí. Je objasněn princip stanovení výkupních cen energií a uskutečněna nákladová analýza.

Pro ocenění projektu pomocí metodologie reálných opcí je vybrána výstavba malé vodní elektrárny na řece Odře. Tuto investici bude realizovat soukromý podnikatel, který chce být uveden v anonymitě. Majitel již vlastní jednu malou vodní elektrárnu postavenou na shodném vodním toku. Malou vodní elektrárnou (dále MVE) se rozumí vodní elektrárna s instalovaným výkonem do 10 MW včetně. Zamýšlená MVE bude tvořena stavebním komplexem a dvěma turbínami (každá o výkonu 24,4 kW). Tato elektrárna je klasifikována jako nízkotlaká, průtoková, spadající do sekce mikrozdrojů z hlediska evropského členění. Plánovaná životnost investice je 15 let, tedy období 2010-2025. Celkový investiční výdaj na výstavbu je plánovaný v hodnotě 1 600 000 Kč. Výkupní ceny elektrické energie budou následně uplatněny dle Cenového rozhodnutí 5/2009 pro MVE postavených v nových lokalitách od 1.1.2010.

Zatímco jaderná energetika je relativně mladým oborem, energie vodních toků patří k nejstarším energetickým zdrojům, které se lidstvo ve své historii naučilo využívat. Jednu z prvních vodních elektráren postavil T. A. Edison v roce 1882. Vodní elektrárny neznečišťují ovzduší, nedevastují krajinu a povrchové či podzemní vody těžbou a dopravou paliv a surovin, jsou bezodpadové, nezávislé na dovozu a hlavně vysoce bezpečné. Přesto malé vodní elektrárny lze považovat za doplňkový zdroj elektrické energie. V České republice nejsou přírodní poměry pro budování vodních energetických děl ideální. Vodní toky nemají potřebný spád ani dostatečné množství vody. Proto je podíl výroby elektrické energie ve vodních elektrárnách na celkové výrobě v České republice poměrně nízký. S ohledem na závazky vůči EU je podporována výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů. Energetický regulační úřad stanovuje vždy na kalendářní rok dopředu výkupní ceny za elektřinu z obnovitelných zdrojů. Je zde snaha o naplnění indikativního cíle podílu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě elektřiny z 5,5 % na 8 %.



Proto, aby Česká republika splnila závazek, ke kterému se ve Smlouvě o přistoupení k Evropské unii zavázala, je nutné obnovitelné zdroje i nadále podporovat. Podpora musí být nastavena tak, aby elektřina z obnovitelných zdrojů našla své uplatnění na trhu a výstavba nových výroben byla ekonomicky atraktivní pro investory. Na druhou stranu je podporu nutno nastavit s ohledem na podmínky ČR, zejména na dostupnost obnovitelných zdrojů.

Je nutné přednostně rozvíjet technologie, které najdou v ČR uplatnění. Rozvoj obnovitelných zdrojů ve svém důsledku zaplatí všichni koneční zákazníci. Proto je nezbytné, aby stanoveného cíle bylo dosaženo s co možná nejmenšími dopady do konečné ceny elektřiny a s co možná nejmenšími dopady na ostatní ekonomická odvětví.

### 3.1 Princip stanovení výkupních cen

Výkupní cena elektrické energie je stanovena dle Zákona č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů. Dle tohoto zákona je jistota, že veškerou elektřinu, kterou podnikatel vyrobí, prodá za garantované výkupní ceny provozovateli regionální distribuční soustavy nebo provozovateli přenosové soustavy. Výkupní ceny se uplatňují za elektřinu dodanou a naměřenou v předávacím místě výroby elektřiny. Aktuální výkupní ceny pro malé vodní elektrárny zobrazené Tabulkou 3.1 jsou stanoveny Cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu č. 5/2009 ze dne 23. listopadu 2009, kterým se stanovuje podpora pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných energetických zdrojů.

Tab. 3.1 Výkupní ceny pro malé vodní elektrárny platné od 1.1.2010

<b>Datum uvedení do provozu malé vodní elektrárny</b>	<b>Výkupní cena elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh</b>
MVE uvedená do provozu v nových lokalitách od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010	3000
MVE uvedená do provozu v nových lokalitách po 1.1. 2008	2760
MVE uvedená do provozu v nových lokalitách od 1.1. 2006 do 31.12.2007	2600
MVE uvedená do provozu po 1.lednu 2005 včetně a rekonstruována MVE	2350
MVE uvedená do provozu před 1.1.2005	1830

Podpora výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie byla v České republice stanovena poprvé pro rok 2002. V roce 2001 vydal Energetický regulační úřad (ERÚ) cenové rozhodnutí, které stanovovalo výkupní ceny pro základní kategorie obnovitelných zdrojů, konkrétně pro malé vodní elektrárny, spalování biomasy, spalování bioplynu, větrné elektrárny, využití slunečního záření a využití geotermální energie. Toto členění, platné i pro rok 2003, začalo být nedostatečné a bylo nutné obnovitelné zdroje kategorizovat. Pro rok 2010 platné cenové rozhodnutí č. 5/2009 má již 42 kategorií a podkategorií.

Výkupní ceny jsou stanovovány tak, aby za dobu životnosti jednotlivých typů výroben elektřiny z obnovitelných zdrojů byla výrobcům zaručena patnáctiletá návratnost vložených investic a přiměřený zisk. Přičemž je brána v úvahu čistá současná hodnota toku hotovosti po zdanění za celou dobu životnosti výroben elektřiny. Diskontní míra je stanovena ve výši průměrného váženého nákladu kapitálu. Počet elektráren klesá a poptávka po elektřině roste. Současný i očekávaný růst poptávky po elektřině je vyvolán přílivem zahraničních investic i celkovým pozitivním rozvojem středoevropských ekonomik.

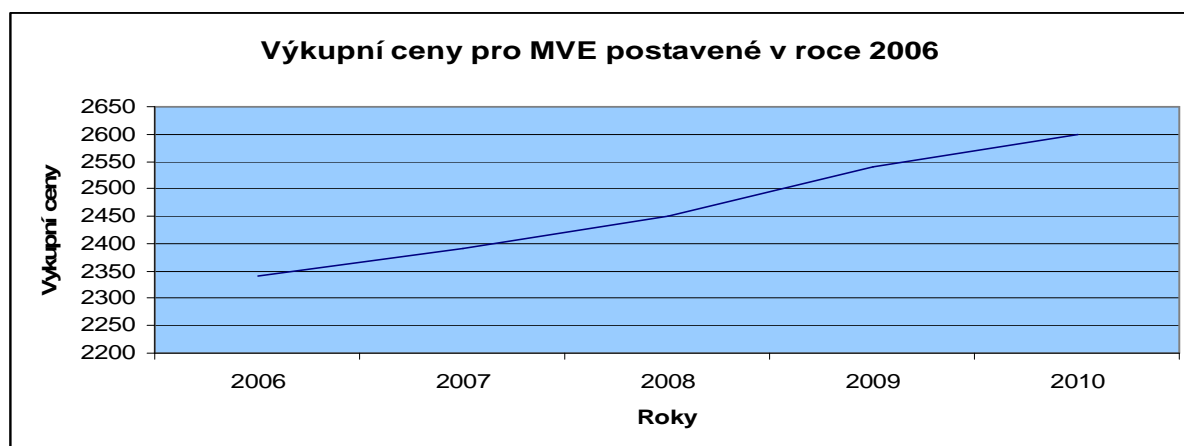
Při výpočtech minimální výkupní ceny se vychází z těchto pravidel:

- objektivního stanovení investičních a provozních nákladů;
- technických a provozních parametrů;
- požadavků zajistit návratnost vložených prostředků do stanovené doby, která musí respektovat skutečnou technickou životnost zařízení;
- požadavků investorů na přiměřený výnos z vloženého kapitálu.

Garantované výkupní ceny byly dosud nejrozšířenějším nástrojem podpory výroby zelené elektřiny a uplatnily se v řadě zemí Evropské unie (např. v Německu, Španělsku, Portugalsku a Dánsku). V době monopolního uspořádání trhu vedly v několika zemích k rychlému nárůstu využívání obnovitelných zdrojů energie.

Pro ilustraci historie vývoje výkupních cen pro malé vodní elektrárny je situace pro elektrárny postavené v roce 2006 zobrazena Grafem 3.1. Z Grafu je patrné, že doposud výkupní ceny rostly.

Graf 3.1 Vývoj výkupních cen pro malé vodní elektrárny postavené v roce 2006



### 3.2 Nákladová analýza vybraného projektu

Podkladem pro každý projekt je stanovení nákladové analýzy. Ve finančním účetnictví jsou náklady vymezeny jako úbytek ekonomického prospěchu, který v hodnoceném období vede k snížení zisku. Obecně jsou náklady členěny na variabilní a fixní. Variabilní náklady se mění v závislosti na objemu výkonů, zatímco fixní zůstávají neměnné. U vybrané malé vodní elektrárny jsou stanoveny jako fixní náklady tzv. *Pevné části elektrárny*, jimiž jsou myšleny části, které nespádají do pojmu turbína. Za nákladovou položku *Turbína* je pokládán komplex zařízení, které produkuje elektrickou energii. Členění je vytvořeno z hlediska variabilnosti volby množství turbín pro jeden komplex pevných částí elektrárny. Jinak řečeno množství turbín je zvoleno dle hlediska možnosti jejich optimálního využití na daném vodním toku. V základním projektu je počítáno se dvěma turbínami. Vzhledem ke změně počasí je možno uvažovat v budoucnu o flexibilním využití další (třetí) turbíny či prodeje jedné ze dvou původních turbín. Objem nákladů pro zvolený projekt je znázorněn pomocí Tabulky 3.2. Všechny náklady spojené s chodem MVE jsou řazeny mezi fixní náklady.

Tab. 3.2 Celkové plánované fixní náklady malé vodní elektrárny v Kč

Nákladová položka	První rok	Další roky
Mzda pomocníka pro údržbu	32 000	32 000
Náklady na údržbu a opravy	25 000	25 000
Drobné opravy	10 000	10 000
Údržba řečiště	21 600	21 600
Roční odpisy	88 000	168 000
<b>Celkem</b>	<b>176 600</b>	<b>256 600</b>

Jelikož se o celkový chod malé vodní elektrárny stará majitel je ušetřena značná část nákladů na mzdu obsluhy. Některé opravy a údržba jsou však manuálně a technicky náročnější, proto je využíváno externího pomocníka pro tyto činnosti. Dále jsou v plánu nákladů zohledněny plánované výdaje na údržbu a opravy celého komplexu a drobné opravy. Mezi náklady jsou řazeny také náklady na údržbu řečiště, které je nutno vynakládat v pravidelných intervalech. Jako poslední nákladová položkou je uvedena veličina daňového charakteru, určená pro výpočet zisku, a to odpisy. Odpisy charakterizují opotřebení investice v jednotlivých letech. Jednorázový kapitálový výdaj na pořízení pevných částí elektrárny bude realizován v hodnotě 400 000,- Kč a na pořízení jedné turbíny 600 000,-Kč. Dle plánu jsou nakoupeny dvě turbíny a jedna pevná část elektrárny. Celkový kapitálový výdaj v první roce činí tedy 1 600 000,- Kč. Zařízení malých vodních elektráren je řazeno, dle Zákona č.586/1992 Sb., o dani z příjmu, do 3. účtové skupiny. Dle třídění majetku do odpisových skupin je označeno pod položkou (3-15). Odepisování majetku je zvoleno rovnoměrné. Koeficient pro první rok je stanoven 5,5 a pro další roky 10,5. Hodnoty odpisů tedy činí v prvním roce 88.000 Kč a v dalších letech 168.000 Kč.

## 4 Ocenění investičního projektu na bázi metodologie reálných opcí

V této části práce je aplikována opční metodologie pro ocenění daného investičního projektu. Je provedeno ocenění malé vodní elektrárny pomocí binomického modelu pro více období na bázi replikační strategie. Hodnota projektu je stanovena pomocí pasivní i aktivní strategie. V rámci možnosti budoucích zásahů do projektu je využito amerických opcí na opuštění, zúžení, rozšíření a opce odložení počátku (vyčkávání) projektu.

Dle standardního procesu oceňování je postupováno v těchto krocích. Nejdříve jsou stanoveny všechny stochastické (náhodné) i deterministické (nenáhodné) proměnné, určeno podkladové aktivum a odhadnuto dle jakého procesu se vyvíjí. Z historických dat podkladového aktiva je vypočtena směrodatná odchylka, která je následně uplatněna při výpočtu indexu růstu a poklesu. Jako diskontní faktor při určení rizikově neutrální současné hodnoty je využita bezriziková sazba. Následně je odhadnut vývoj podkladového aktiva a vypočteny předpokládané finanční toky v jednotlivých letech. Dle replikační strategie je určena čistá současná hodnota projektu jako současná hodnota očekávaných budoucích cash flow. Cena jednotlivých opcí je pak zjištěna jako rozdíl hodnoty projektu při zohlednění budoucích zásahů (tedy s opcí) a projektu oceněného pasivní metodou. Nakonec je u všech flexibilních variant provedena citlivostní analýza.

### 4.1 Stanovení podkladového aktiva a proměnných modelu

Výnosy malé vodní elektrárny jsou tvořeny součinem ceny energie a množstvím vyrobené energie. Matematicky znázorněno takto:

$$V_t = VC_t \cdot Q_t, \text{ kde} \quad (4.1)$$

$V_t$  jsou výnosy v jednotlivých letech,  $VC_t$  výkupní cena elektrické energie pro MVE v jednotlivých letech a  $Q_t$  množství vyrobené elektrické energie v jednotlivých letech.

Množství vyrobené elektrické energie je závislé na mnoha faktorech, a to výše hladiny vodního toku, množství průtoku vody, účinnosti turbíny, účinnosti převodu, účinnosti generátoru, účinnosti elektrického vedení, účinnosti systému. Vývoj těchto veličin je náhodný a může působit protichůdně.

Množství vyrobené elektrické energie během roku výrazně kolísá, proto je pro ocenění bráno v úvahu celkové množství vyrobené energie za rok. Z toho vyplývá délka kroku (dt) jeden rok. V práci je oceňována nově plánována malá vodní elektrárna, avšak některá data je možné čerpat z již fungující malé vodní elektrárny.

Při analýze historických dat množství vyrobené energie stávající MVE bylo zjištěno, že množství vyrobené energie v jednotlivých letech významně nekolísá a pohybuje se v průměru 93450 kWh na jednu turbínu. Je předpoklad, že se daná proměnná bude nadále vyvíjet stejně a je určena jako deterministická.

Druhou proměnnou je výkupní cena elektrické energie, která je určena jako stochastická veličina. Výchozími daty k analýze jsou stanoveny historické výkupní ceny elektrické energie dle cenových rozhodnutí Energetického regulačního úřadu platných pro rok 2005 až 2009. Do roku 2002 nebyly stanoveny výkupní ceny energií a od roku 2005 byly výkupní ceny skokově změněny v důsledku podpory zahraničních investorů a přílivu kapitálu do obnovitelných zdrojů. Pro určení výkupní ceny jako podkladového aktiva je množství historických výkupních cen nedostatečný, proto je testováno, zda se hodnota výkupních cen vyvíjí podle jiné proměnné.

### **Vztah inflace a změny výkupních cen energií**

Vhledem k tomu, že pevné výkupní ceny energií pro MVE jsou stanovovány teprve nedávno, není dostatečná datová základna pro stanovení procesu vývoje podkladového aktiva. Proto je pomocí hypotéz nalezena proměnná na které je výkupní cena energií závislá. Srovnáním vývoje makroekonomických veličin a výkupních cen je vyvozena hypotéza, že relativní změna výkupních cen je závislá na inflaci.

Roční relativní změna výkupních cen je pak vypočtena dle vzorce:

$$E_t = \frac{VC_{t+1} - VC_t}{VC_t} \cdot 100, \text{ kde} \quad (4.2)$$

$VC_t$  je výkupní cena energií v základním období a  $VC_{t+1}$  je výkupní cena energií v následujícím období.

Pomocí regresní analýzy uvedené v Příloze 1 je testována závislost vývoje roční změny výkupních cen energií ( $E$ ) na inflaci ( $I$ ), která je vyjádřena přírůstkem průměrného ročního indexu spotřebitelských cen. Údaje jsou převzaty z Českého statistického úřadu.

Model vychází z níže uvedeného matematického vztahu:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_t + \hat{u}, \quad (4.3)$$

kde  $\beta_0$  je konstanta,  $\beta_1$  regresní koeficient,  $X$  nezávisle proměnná,  $Y$  závisle proměnná a  $\hat{u}$  je náhodná chyba.

Dosažením proměnných je získán tento vztah mezi relativní změnou výkupních cen elektrické energií a inflací:

$$E_t = 1,554 + 0,326I_t + \hat{u}, \quad (4.4)$$

kde je  $E$  výkupní cena v roce  $t$  a  $I$  inflace v roce  $t$ .

Z regresní analýzy modelu vyplývá, že hodnota koeficientu determinace je rovna 0,99. To znamená, že změna výkupních cen energií je z 99% závislá na vývoji inflace. Pomocí t-testu a F-testu uvedených taktéž v Příloze 1 je zjištěno, že proměnná  $I$  je statisticky významná i model je statisticky významný. Proto hypotézu o závislosti zkoumaných veličin přijímáme.

### **Stanovení náhodného procesu podkladového aktiva**

Pro ocenění projektu pomocí binomického modelu je nutné, aby se podkladové aktivum (výkupní cena energie) vyvíjelo pomocí geometrického Brownova procesu. Proto je nutné statisticky testovat zda se nejedná o mean - reversion proces.

Pomocí metody nejmenších čtverců je proveden v Příloze 2 test reziduí pro předpoklad, že se podkladové aktivum vyvíjí podle geometrické Brownova procesu, vzorec (2.37). Nejprve je přepočtena hodnota relativních změn výkupních cen dle rovnice (4.4). Dále je vypočtena odhadovaná simulovaná hodnota výkupních cen pro jednotlivé měsíce dle vzorce (4.2).

V pátém sloupci je již přistoupeno ke klasickým výpočtům. Jsou určeny spojité výnosy pomocí následujícího vzorce:

$$\Delta \ln VC = \ln \frac{VC_t}{VC_{t-1}},$$

kde  $VC_t$  představuje odhadovanou hodnotu výkupních cen pro období  $t$ , a  $VC_{t-1}$  hodnotu odhadovanou pro období  $t-1$ .

V následujícím sloupci je modelován geometrický Brownův model (2.37). Výkupní ceny jsou násobeny přírůstkem veličiny za daný časový interval ( $\alpha$ ). Dále je určena hodnota reziduí jako rozdíl modelovaných a odhadovaných výkupních cen. Nakonec je vypočtena směrodatná odchylka měsíční a roční. Účelovou funkcí je minimalizace sumy reziduí. Směrodatná odchylka dle Brownova modelu je rovna 0,18. Výsledné parametry geometrického Brownova procesu jsou znázorněny Tabulkou 4.1.

Tab. 4.1 Parametry rovnice geometrického Brownova procesu

Parametr	Hodnota
$\alpha$	0,000607
$\sigma$	0,000520
$\alpha$ roční	0,007287
$\sigma$ roční	0,180184

V Příloze 3 jsou odhadovány parametry Vašíčkova mean-reversion modelu regresní metodou nejmenších čtverců. Analogicky je vytvořena Tabulka dle postupu při odhadování geometrického Brownova modelu. Rozdílem je v určení hodnoty modelu. Vašíčkův model je možno obecně zapsat takto:

$$\partial r = a \cdot (b - r) \cdot dt + \sigma \cdot dz, \text{ kde} \quad (4.5)$$

$b$  představuje parametr přibližování k dlouhodobé rovnováze.

Parametr  $a$  lze vyjádřit následovně:

$$a = \frac{-\beta}{\Delta t} \quad (4.6)$$

parametr  $b$  takto:

$$b = \left( \frac{\alpha}{\frac{a}{\Delta t}} \right). \quad (4.7)$$



Je modelován Vašíčkův model a určena hodnota reziduí. Následně je řešena úloha opět s účelovou funkcí minimalizace sumy reziduí. Směrodatná odchylka dle Vašíčkova modelu je 0,66. Výsledné parametry Vašíčkova modelu jsou znázorněny Tabulkou 4.2.

Tab. 4.2 Parametry rovnice Vašíčkova modelu

Parametr	Hodnota
$\alpha$	0,0006
$\beta$	0,0004
$\Delta t$	0,0833
$a$	0,0052
$b$	1,4360
$\sigma$	0,6699

Porovnáním jednotlivých výsledků docházíme k závěru, že vhodnější pro popsání vývoje podkladového aktiva je použití geometrického Brownova modelu. Volatilita Brownova modelu je nižší než volatilita mean reversion modelu.

## 4.2 Vymezení základních parametrů pro výpočet hodnoty opce

Cena opce je stanovena dle vzorce (2.22) jako současná hodnota rizikově neutrální střední hodnoty ceny opce následujících období. Pro aplikaci metodologie reálných opcí je nutné zjistit další údaje.

Z dlouhodobých státních dluhopisů se splatností 1-20 let je stanovena **bezriziková úroková míra** jako průměr jednotlivých úrokových měr (viz Tabulka 4.1). Bezriziková úroková míra činí 5,95%. Údaje o státních dluhopisech byly převzaty z Burzy cenných papírů Praha, a. s..

Tab. 4.3 Státní dluhopisy s rokem vydání 2009

Státní dluhopis	Doba do splatnosti	TC	NH	Kupon	Úroková míra
1	2011	-10180	10000	410	2,17%
2	2019	-9825	10000	500	6,56%
3	2022	-9600	10000	470	8,67%
4	2024	-9904	10000	570	6,38%
Průměr					5,95%

Následně je vypočten **index růstu** ( $u$ ) a **index poklesu** ( $d$ ) dle vzorce (2.11) a (2.12). Dle vzorce (2.13) a (2.14) jsou dále zjištěny rizikově neutrální pravděpodobnosti růstu ( $p_u$ ) a poklesu ( $p_d$ ). Propočtené hodnoty jsou přehledně zobrazeny Tabulkou 4.2.

Tab. 4.4 Základní parametry pro výpočet hodnoty opce

Parametr	Hodnota
Index růstu ( $u$ )	1,105613
Index poklesu ( $d$ )	0,904476
Pravděpodobnost růstu ( $p_u$ )	0,723507
Pravděpodobnost poklesu ( $p_d$ )	0,276493

### 4.3 Stanovení hodnoty NPV a hodnoty opce

V této fázi je možno přistoupit k vlastnímu ocenění projektu. Je aplikována replikační strategie založena na rizikově neutrálním přístupu. Jsou předpokládány diskrétní změny v čase. Pro aplikování dané metodologie je nutné vytvořit binomický strom vývoje cash flow. Finanční toky v jednotlivých letech jsou určeny dle vzorce (2.2), přičemž je předpoklad, že hodnota změny ČPK je rovna nule. Čistý zisk ( $EAT$ ) je vyčíslen takto:

$$EAT_t = (T_t - N_p - ODP_t) \cdot (1 - d), \text{ kde} \quad (4.8)$$

$T_t$  představují tržby,  $N_p$  provozní náklady investice,  $ODP_t$  odpisy a  $d$  výše aktuální daňové sazby.

Náklady jsou známy z nákladové analýzy a tržby jsou vypočteny dle vzorce (4.1). Vývoj výkupních cen je vyjádřen pomocí binomického stromu (Příloha 4). Jako výchozí hodnota je pokládána současná výkupní cena elektrické energie pro malé vodní elektrárny. Hodnota každého uzlu je stanovena dle vzorce:

$$S_{t+1}^u = S_t \cdot u, \quad (4.9)$$

$$S_{t+1}^d = S_t \cdot d, \quad (4.10)$$

kde  $S_{t+1}^u$  je hodnota aktiva v čase  $t+1$  v případě růstu a  $S_{t+1}^d$  je hodnota aktiva v čase  $t+1$  při poklesu.

Množství vyrobené elektrické energie bylo stanoveno v rámci doby životnosti projektu jako konstantní. Současná daňová sazba podnikatelských subjektů je stanovena na 19%.

Vytvořený binomický strom vývoje finančních toků v jednotlivých letech je zobrazen v Příloze 5. Je předpokládáno, že změna čistého pracovního kapitálu je rovna nule. Nyní je k dispozici dostatek údajů pro zjištění hodnoty NPV.

## **Pasivní strategie**

Dle pasivní strategie je vytvořen binomický strom vývoje cash flow (Graf 4.1) předpokládající dobu životnosti investice 15 let. Hodnota jednotlivých uzlu je stanovena pomocí vzorce (2.6) dle replikační strategie. Čistá současná hodnota projektu je pak stanovena jako současná hodnota budoucích finančních toků po odečtení investic.  $NPV_1$  projektu pasivní metodou je 5 223 250 Kč. V dané hodnotě není zohledněna možnost budoucích zásahů do plánovaného investičního záměru.

## **Aktivní strategie**

Pro možnost flexibility rozhodování v budoucnu je možné využít ocenění projektu pomocí metodologie reálných opcí. Vzhledem k jedinečnosti každého projektu je nutné přiřadit specifické možnosti budoucí flexibility individuálně pro každý projekt. Z množství možných strategií je pro malé vodní elektrárny nejvhodnější ocenění pomocí reálné opce typu Opce na opuštění projektu, Opce na rozšíření, Opce na zúžení a Opce vyčkávání. Jsou zvoleny americké typy opcí. Opci je tedy možno uplatnit kdykoliv po dobu životnosti projektu.

### **Opce na opuštění projektu**

Opce na opuštění projektu má pro majitele význam nikoli z důvodu možného neúspěchu projektu, ale pro určení jaká prodejní cena by se vyplatila v případě zájmu jiného investora v průběhu investice. Důležitý výsledek pak získává majitel až z analýzy citlivosti. Tato opce je typu put. Výchozí prodejní cena je stanovena na 1 000 000 Kč. Nejdříve je stanovena vnitřní hodnota opce dle vzorce (2.57). Dále je provedeno ocenění pomocí replikační strategie. Pro stanovení hodnoty jednotlivých uzlů je použit vzorec (2.33). Je vycházeno z podmínky, že v době splatnosti opce je hodnota opce rovna vnitřní hodnotě. Z toho vyplývá, že hodnoty jsou počítány zpětným postupem od konce k počátku. Následně je dopočtena nová NPV pro opuštění projektu.

Graf 4.1 Binomický strom pro určení  $NPV_1$  pasivní metodou

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
15																6758706
14															11275259	
13														14105233		4699550
12												15681910		7836730		
11											16341512		9798805		3264074	
10										16343434		10887787		5439669		
9									15886447		11338029		6796715		2263378	
8								15121644		11330327		7545716		3768633		
7							14162760		11003219		7850009		4703903		1565774	
6						13094388		10462006		7835598		5215897		2603724		
5					11978501		9785946		7599031		5418446		3244966		1079461	
4				10859614		9033988		7213686		5399358		3591737		1791644		
3			9768854		8249309		6734789		5225909		3723358		2227913		740443	
2		8727171		7462918		6203409		4949222		3701010		2459505		1225528		
1		7747845	6696495		5649621		4607771		3571561		2541682		1518907		504108	
0	5223250		5964622		5095020		4230160		3370623		2517061		1670206		830878	
-1		5276540		4554697		3837330		3124988		2418285		1717913		1024646		339354
-2			4038799		3444314		2854571		2270152		1691708		1119970		555760	
-3				3061610		2573949		2091312		1614316		1143649		680088		224502
-4					2293576		1895624		1502994		1116339		736391		363971	
-5						1693223		1370718		1053853		743319		439890		144436
-6							1227123		968194		715239		468991		230271	
-7								868379		663145		464241		272443		88620
-8									595375		435625		282582		137066	
-9										390775		269691		155713		49710
-10											240701		152632		72091	
-11												134067		74338		22585
-12													62042		26796	
-13														17611		3676
-14															-4780	
-15																-9506

Hodnota  $NPV_2$  pro opuštění projektu během doby životnosti je rovna 5 290 641 Kč. Znázorněno Grafem 4.2.

Hodnota opce je určena dle následujícího vzorce:

$$\text{opční prémie} = NPV_2 - NPV_1. \quad (4.11)$$

Hodnota opce na opuštění projektu je 67 391 Kč. V Příloze 8 jsou zobrazeny jednotlivé scénáře při kterých je vhodné opci uplatnit. Například při scénáři v uzlu (2020,10) je vhodné dále pokračovat v projektu. Naopak při scénáři v uzlu (2025,-15) je možno uplatnit opci a projekt odprodat za prodejní cenu.

### **Opce na rozšíření projektu**

Opce na rozšíření projektu dává majiteli možnost rozšířit původní projekt o 50 % přidáním třetí turbíny. Tato situace by mohla nastat v případě, kdyby dlouhodobě pršelo a hladina řeky by se dlouhodobě zvýšila nad obvyklou hladinu. Jde o call opci. Dodatečné investiční náklady jsou předpokládány ve výši 600 000 Kč.

Vnitřní hodnota opce je stanovena dle vzorce (2.55). Dále je opět provedeno ocenění pomocí replikační strategie. Pro stanovení hodnoty jednotlivých uzlů je použit vzorec (2.33). Je vycházeno z podmínky, že v době splatnosti opce je hodnota opce rovna vnitřní hodnotě. Hodnoty jsou počítány zpětným postupem od konce k počátku. Následně je dopočtena nová NPV pro možnost rozšíření projektu. Hodnota  $NPV_3$  pro možnost rozšíření projektu během doby životnosti je rovna 5 604 193 Kč. Přehledně znázorněno Grafem 4.3.

Hodnota opce je určena dle následujícího vzorce:

$$\text{opční prémie} = NPV_3 - NPV_1. \quad (4.12)$$

Hodnota opce pro rozšíření výrobních kapacit MVE je 380 943 Kč. V Příloze 9 jsou opět zobrazeny jednotlivé scénáře při kterých je vhodné opci uplatnit. Například při scénáři v uzlu (2021,-11) je vhodné dále pokračovat v projektu. Naopak při scénáři v uzlu (2015,5) je možno uplatnit opci a projekt s vyložení daných investičních nákladů rozšířit.

Graf 4.2 Binomický strom určení NPV<sub>2</sub> při zohlednění flexibility opuštění projektu

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
15																6758706
14															11275259	
13														14105233		4699550
12												16341512	15681910		7836730	
11											16343434	10887787		9798805		3264074
10										15886447				6796715		2263378
9								15121644			11330327		7545716		3768633	
8							14162760		11003219			7850009		4703903		1565774
7						13094388		10462006			7835598		5215897		2603724	
6					11978501		9785946		7599031		5418446		3244966			1079461
5				10859614		9033988		7213686		5399358		3591737		1834796		
4			9768854		8249309		6734789		5225909		3730519		2317923			1000000
3			8727171		7462918		6203409		4949222		3734452		2594935		1521203	
2		7747845		6696495		5649621		4616839		3639363		2718450		1844660		1000000
1	5290641		5964622		5095020		4261875		3474481		2729893		2020339		1334952	
0		5276540		4567938		3897496		3263075		2661548		2087163		1533644		1000000
-1			4073403		3534070		3023274		2538318		2075291		1630821		1205112	
-2				3179488		2768946		2379238		2007945		1653533		1316829		1000000
-3					2510546		2198773		1902959		1622724		1359281		1114599	
-4						2007947		1774105		1554728		1351242		1165683		1000000
-5							1632282		1462608		1307843		1169986		1051501	
-6								1357415		1241991		1142209		1060317		1000000
-7									1165801		1096264		1042750		1007513	
-8										1047038		1015776		1000000		1000000
-9											1000000		1000000		1000000	
-10												1000000		1000000		1000000
-11													1000000		1000000	
-12														1000000		1000000
-13															1000000	
-14																1000000
-15																1000000

Graf 4.3 Binomický strom pro určení NPV3 při zohlednění flexibility rozšíření projektu

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
15																9538059
14															15746559	0
13														19456973		6449325
12												21317439			10588767	
11											21830607		12997331			4296111
10										21384343		14126255			6993175	
9										20277914		14326391		8494197		2795066
8								18744994		13874010		9115953			4486621	
7							16975210		12994679		9118654		5362776			1748660
6						15137176		11887807		8732441		5684208			2760935	
5					13408357		10757390		8188551		5711324		3336806			1079461
4				11853977		9691455		7598765		5581727		3645389			1791644	
3			10456117		8691524		6984901		5339032		3754701	0	2227913			740443
2		9199412		7758642		6365024		5019155		3719320		2459505			1225528	
1		8070547	6893195		5753563		4650872		3582258		2541682		1518907			504108
0	5604193		6094804	5161584		4256652		3376872		2517061		1670206			830878	
-1		5362297		4597157		3853573		3128638		2418285		1717913		1024646		339354
-2			4065785		3454251		2856704		2270152		1691708		1119970		555760	
-3				3067677		2575195		2091312		1614316		1143649		680088		224502
-4					2294304		1895624		1502994		1116339		736391		363971	
-5						1693223		1370718		1053853		743319		439890		144436
-6							1227125		968194		715239		468991		230271	
-7								868384		663145		464241		272443		88620
-8									595390		435625		282582		137066	
-9										390817		269691		155713		49710
-10											240817		152632		72091	
-11												134389		74338		22585
-12													62938		26796	
-13														20102		3676
-14															2147	
-15																0

## Opce na zúžení projektu

Opce na zúžení projektu dává majiteli možnost zúžit původní projekt o 50 % prodejem jedné ze dvou turbín. Tato situace by mohla nastat v případě, že se hladina vodního toku dlouhodobě snížila. Například vlivem dlouhodobého sucha nebo výstavbou přehradní vodní nádrže. Jde o put opci. Prodejní cena jedné turbíny je předpokládána ve výši 600 000 Kč.

Vnitřní hodnota opce je stanovena dle vzorce (2.55). Dále je provedeno ocenění pomocí replikační strategie. Pro stanovení hodnoty jednotlivých uzlů je použit vzorec (2.33). Je vycházeno z podmínky, že v době splatnosti opce je hodnota opce rovna vnitřní hodnotě. Hodnoty jsou počítány zpětným postupem od konce k počátku. Následně je dopočtena nová NPV pro možnost rozšíření projektu. Hodnota  $NPV_4$  pro možnost zúžení projektu během doby životnosti je rovna 5 469 757 Kč. Přehledně znázorněno Grafem 4.4.

Hodnota opce je určena dle následujícího vzorce:

$$\text{opční prémie} = NPV_4 - NPV_1. \quad (4.13)$$

Hodnota opce pro zúžení výrobních kapacit MVE je 246 507 Kč. V Příloze 10 jsou zobrazeny jednotlivé scénáře při kterých je vhodné opci uplatnit. Například při scénáři v uzlu (2022,12) je vhodné dále pokračovat v projektu. Naopak při scénáři v uzlu (2020,-10) je možno uplatnit opci a odprodat jednu z turbín za danou prodejní cenu.

## Opce vyčkávání

Opce na vyčkávání je řazena mezi opce typu call. Opce představuje možnost odložit zahájení projektu o jedno období, tedy o jeden rok. Je určena jako průměr současné hodnoty budoucích příjmů pro růst a pro pokles.

Je nově replikováno podkladové aktivum (Příloha 6) a je vytvořen nový binomický strom vývoje finančních toků (Příloha 7). Je stanovena nová vnitřní hodnota opce dle vzorce (2.52) pro růst a pro pokles podkladového aktiva. Dále je provedeno ocenění pomocí replikační strategie. Pro stanovení hodnoty jednotlivých uzlů je použit vzorec (2.33). Následně je dopočtena nová NPV pro odložení projektu.



Graf 4.4 Binomický strom pro určení NPV<sub>4</sub> při zohlednění flexibility zúžení projektu

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
15																6758706
14															11275259	0
13														12761296		4699550
12												14273258	13759653		4100422	
11													8259739	6637392		3264074
10										14075763	14352986	9163405			2718716	
9									13527055		9529101		5768226	4624891		2263378
8								12788231		9510810					2149813	
7							11929862		9230428		6611902	6374200	3999802	3289535	1300744	1565774
6						11010237		8780802		6598926		4413291		2161158		1079461
5					10077718		8233410		6419474		4606357		2772351		894704	
4				9176092		7648106		6141545		4642179		3151197		1710138		740443
3			8353358		7084851		5832215		4589814		3366087		2199599		1242774	
2		7676258		6619956		5574964		4539299		3520403		2539803		1637258		552054
1	5469757		6239418		5362960		4492167		3630684		2785491		1953803		998604	
0		5925090		5184865		4445381		3706502		2966268		2209127		1362761		469677
-1			5033237		4398782		3757185		3102151		2416895		1662698		861045	
-2				4353489		3790629		3206929		2588072		1912655		1190482		412251
-3					3813035		3290235		2731323		2123755		1470909		765150	
-4						3358866		2853411		2304654		1712490		1070383		372218
-5							2959554		2462061		1923205		1337209		698300	
-6								2601153		2109300		1572951		986660		344310
-7									2275651		1783398		1244004		651698	
-8										1973115		1475676		928295		324855
-9											1685936		1179029		619210	
-10												1407864		887607		311293
-11													1133734		596563	
-12														859244		301838
-13															580775	
-14																295247
-15																

Hodnota  $NPV_a$  pro růst výkupních cen je 6 584 334 Kč. Hodnota  $NPV_b$  pro pokles výkupních cen je 5 236 959 Kč. Hodnota  $NPV_5$  je rovna 5 910 647 Kč. Znázorněno Grafem 4.5 a 4.6.

Hodnota opce je určena dle následujícího vzorce:

$$\text{opční prémie} = NPV_5 - NPV_I. \quad (4.14)$$

Hodnota opce pro odložení výstavby nové MVE je 687 397 Kč.

Tato hodnota se se změnou jednotlivých parametrů může v čase měnit. Hlavně pak pokud se změní bezriziková sazba nebo cena podkladového aktiva. Odložení je výhodné nejen z hlediska možného snížení daňové sazby právnických osob, ale i z hlediska očekávaného zvýšení výkupních cen a tím i nárůstu tržeb.

### **Závěrečné shrnutí**

Jak metodou pasivní tak aktivní jsme vyčíslili projekt malé vodní elektrárny jako úspěšnou investici. Projekt je přijat všemi metodami. Výsledky jsou přehledně zobrazeny Tabulkou 4.5. Všechny typy aktivní strategie dosahují vyšší NPV než NPV stanovené pasivní strategií. Nejpříjemnější se jeví aktivní strategie odložení počátku výstavby malé vodní elektrárny o jedno období, jelikož čistá současná hodnota vlivem tohoto zásahu je nejvíce maximalizována. V Tabulce je dále uvedená hodnota flexibility a odkazy na rozhodovací stromy pro jednotlivé strategie.

Tab. 4.5 Výsledné hodnoty pro jednotlivé investiční varianty

<b>Investiční varianta</b>	<b>Hodnota NPV</b>	<b>Hodnota flexibility</b>	<b>Možnosti rozhodnutí</b>
Pasivní varianta	5 223 250		
Flexibilita pro možnost opuštění projektu	5 290 641	67 391	Příloha 8
Flexibilita pro možnost rozšíření projektu	5 604 193	380 943	Příloha 9
Flexibilita pro možnost zúžení projektu	5 469 757	246 507	Příloha 10
Flexibilita pro možnost odložení počátku projektu	5 910 647	687 397	Odložit projekt

Graf 4.5 Binomický strom pro určení NPV<sub>a</sub> pro opci vyčkání - růst

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
15																8095755
14															13507959	
13													16901476		5631631	
12												18794823		9393187		
11											19590367		11748118		3913845	
10										19598537		13057857		6524704		
9									19057218		13602865		8155617		2716345	
8								18147234		13599520		9058511		4525031		
7							17004706		13213622		9428868		5651219		1881545	
6						15730881		12571200		9417494		6270494		3131022		
5					14399939		11767120		9139943		6519097		3905357		1299591	
4				13065176		10871946		8684044		6502127		4326916		2159233		
3			11763888		9937398		8115930		6300107		4490643		2688284		893900	
2		10521224		9000662		7484832		5974315		4469771		2972012		1481781		
1		9273214		8087826		6826893		5570957		4320624		3076570		1839840		611086
0	6577995		7216599		6168220		5124542		4086127		3053586		2027484		1009517	
-1		6317218		5526058		4659325		3797546		2941298		2091184		1248374		413931
-2			4912660		4193408		3478828		2769475		2065958		1369035		680293	
-3				3739444		3147501		2560503		1979051		1403863		836053		276490
-4					2816139		2331019		1851159		1377236		910019		450785	
-5						2093191		1697845		1308117		924719		548616		180678
-6							1530672		1210906		897115		590030		290790	
-7								1096425		840397		590699		348238		113885
-8									764574		562414		366960		179255	
-9										514340		357847		208551		67323
-10											329087		211454		101502	
-11												195522		111173		34863
-12													103048		47299	
-13														43289		12235
-14															9513	
-15																-3539

Graf 4.6 Binomický strom pro určení  $NPV_b$  pro opci vyčkání – pokles

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
15																5625614
14															11275259	
13													14105233			3909651
12												15681910		7836730		
11											16341512		9798805		2713421	
10										16343434		10887787		5439669		
9									15886447		11338029		6796715		1879507	
8								15121644		11330327		7545716		3768633		
7							14162760		11003219		7850009		4703903		1298170	
6						13094388		10462006		7835598		5215897		2603724		
5					11978501		9785946		7599031		5418446		3244966		892910	
4				10859614		9033988		7213686		5399358		3591737		1791644		
3			9768854		8249309		6734789		5225909		3723358		2227913		610395	
2		8727171		7462918		6203409		4949222		3701010		2459505		1225528		
1	7747845		6696495		5649621		4607771		3571561		2541682		1518907		413449	
0	5236959		6166495		5288002		4409623		3528105		2633813		1670206		830878	
-1		5525094		4866308		4124225		3374298		2606485		1792880		1024646		276154
-2			4415941		3788790		3152292		2499082		1816893		1119970		555760	
-3				3430008		2891672		2340091		1771097		1195910		680088		180444
-4					2613013		2150112		1677531		1203608		736391		363971	
-5						1943971		1552877		1163149		779751		439890		113722
-6							1409633		1089867		776076		468991		230271	
-7								995365		739337		489639		272443		67209
-8									680195		478035		282582		137066	
-9										443890		287396		155713		34784
-10											270266		152632		72091	
-11												146409		74338		12180
-12													62042		26796	
-13														17611		-3578
-14															-4780	
-15																-14563

## 4.4 Citlivostní analýza

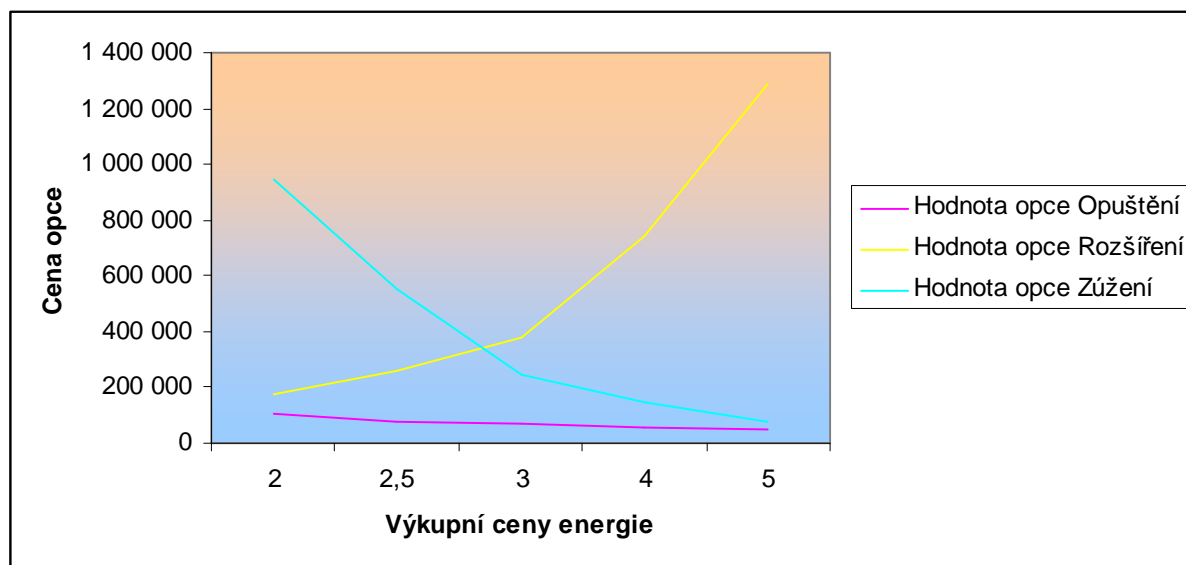
Nedílnou součástí ocenění projektu je následné provedení citlivostní analýzy na vstupní parametry reálné opce. Zejména na ty, u nichž lze změnu předpokládat nebo jejichž kvantifikaci si není finanční management příliš jistý. Citlivostní analýza dává přehled o tom, jak jednotlivé faktory mohou ovlivnit výslednou hodnotu opce a poskytuje managementu podklady pro kvalitnější rozhodování o parametrech opce.

Výsledek citlivostní analýzy je přehledně uspořádán do Tabulek 4.6-4.11. V Tabulce 4.6 je uvedena citlivost změny výkupní ceny na hodnotu opce na opuštění, rozšíření a zúžení projektu. Zjištěné hodnoty jsou dále převedeny do grafické podoby. Z Grafu 4.7 je jednoznačně čitelné, že pokud vzrostou výkupní ceny, pak opce na rozšíření má tendenci také růst a naopak opce na opuštění a zúžení přiměřeně klesá.

Tab. 4.6 Citlivost změny výkupní ceny na hodnoty jednotlivých druhů opcí

Výkupní cena v Kč/kWh	Hodnota opce		
	Opuštění	Rozšíření	Zúžení
2	101 570	172 199	941 663
2,5	77 764	257 442	556 037
3	67 391	380 943	246 507
4	58 896	743 084	145 210
5	50 400	1 285 010	75 456

Graf 4.7 Citlivost změny výkupní ceny na hodnoty jednotlivých druhů opcí

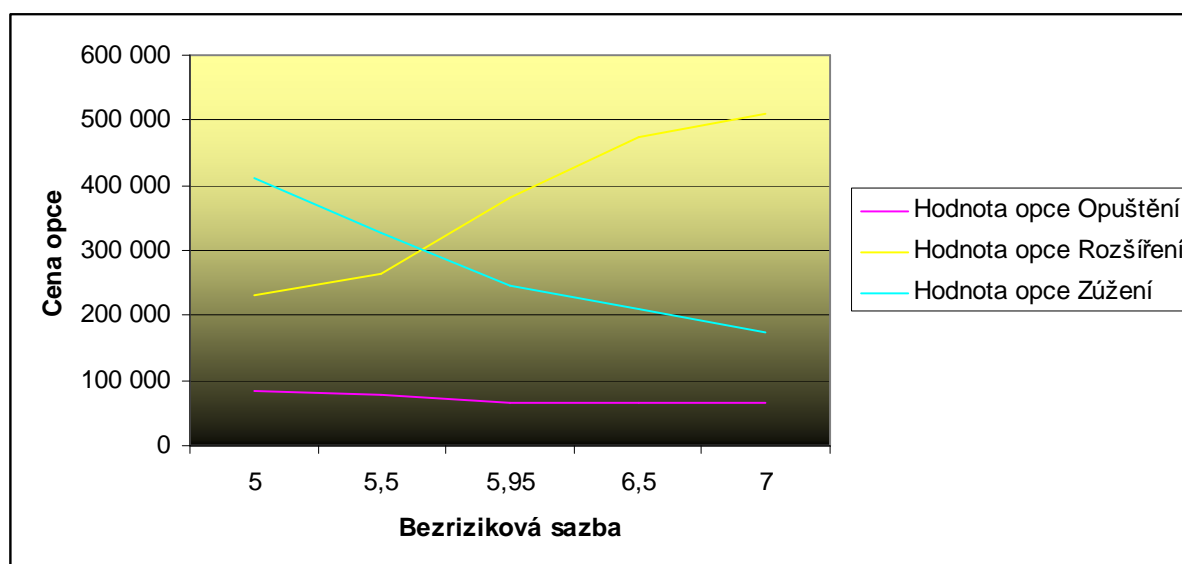


Dalším parametrem ovlivňujícím hodnotu opce je bezriziková sazba. Vliv bezrizikové sazby na hodnotu opce je možné vyčíst z Tabulky 4.7. Z následujícího Grafu 4.8 je možné vyčíst působení změny bezrizikové sazby na opci opuštění, rozšíření a zúžení. Při růstu bezrizikové sazby roste i cena opce na rozšíření a naopak klesá hodnota opce na opuštění a zúžení projektu.

Tab. 4.7 Citlivost změny bezrizikové sazby na hodnoty jednotlivých druhů opcí

Bezriziková sazba v %	Hodnota opce		
	Opuštění	Rozšíření	Zúžení
5	83 514	232 304	411 663
5,5	78 105	265 065	326 180
5,95	67 391	380 943	246 507
6,5	66 230	474 206	210 562
7	64 652	510 633	175 265

Graf 4.8 Citlivost změny bezrizikové sazby na hodnoty jednotlivých druhů opcí

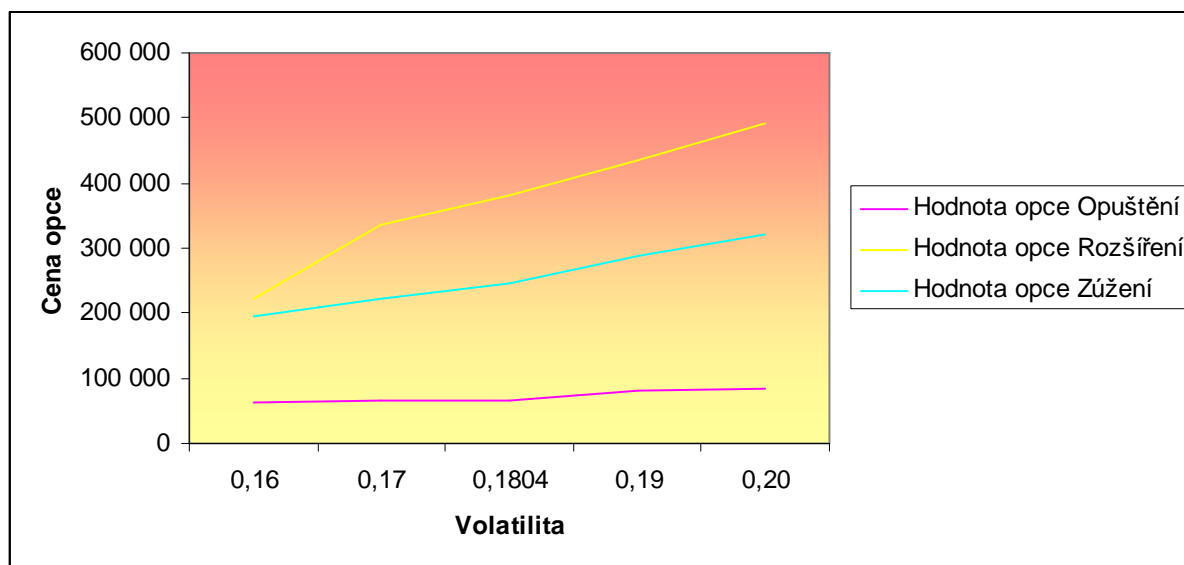


Výrazný vliv na hodnotu všech opcí má volatilita podkladového aktiva. V našem případě se jedná o volatilitu výkupních cen energie. Vlivy růstu směrodatné odchylky na hodnoty opce opuštění, rozšíření a zúžení vyjadřuje Tabulka 4.8 a následně v grafické podobě Graf 4.9. Z grafu je zřejmé, že vyšší volatilita vyvolává vyšší hodnotu všech opcí.

Tab. 4.8 Citlivost změny směrodatné odchylky na hodnoty jednotlivých druhů opcí

Směrodatná odchylka VC	Hodnota opce		
	Opuštění	Rozšíření	Zúžení
0,16	63 496	222 332	194 623
0,17	65 267	335 644	222 854
0,1804	67 391	380 943	246 507
0,19	80 447	434 567	488 035
0,20	83 419	492 156	520 238

Graf 4.9 Citlivost změny směrodatné odchylky na hodnoty jednotlivých druhů opcí

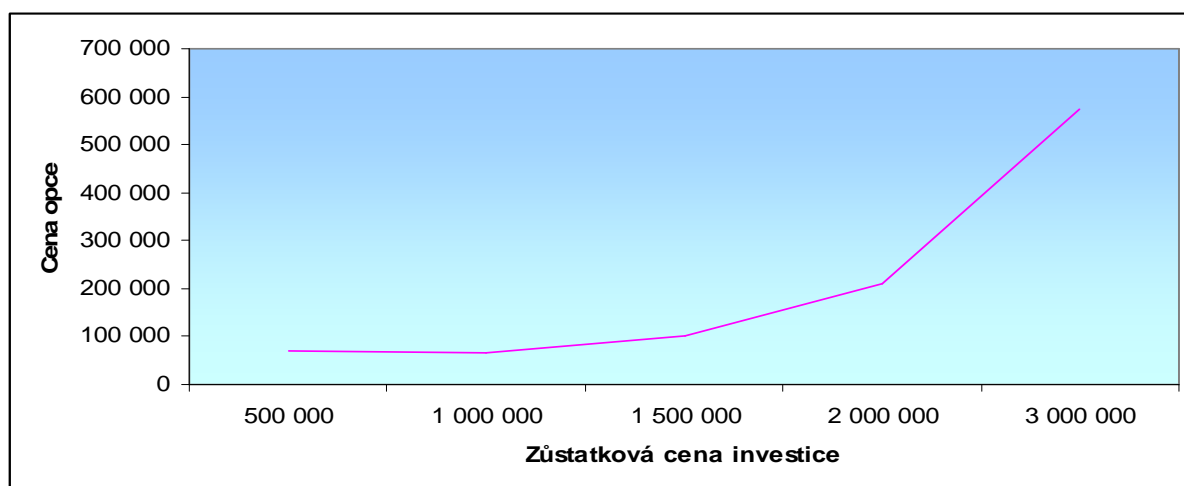


Dalším parametrem, který ovlivňuje cenu opce je výše realizační ceny. U každé z daných opcí je představuje realizační cenu jiná veličina. Tabulka 4.9 nám přehledně zobrazuje citlivost změny realizační ceny na hodnotu opce opuštění. U opce na opuštění je realizační cenou zůstatková cena investice, za kterou je možno investici v době realizace prodat. Graficky zobrazeno Grafem 4.10, z něhož vyplývá, že čím vyšší je zůstatková cena tím je hodnota opce také vyšší.

Tab. 4.9 Citlivost změny zůstatkové ceny investice na hodnoty opce opuštění

Zůstatková cena investice	Hodnota opce
500 000	71 691
1 000 000	67 391
1 500 000	99 996
2 000 000	209 475
3 000 000	572 268

Graf 4.10 Citlivost změny zůstatkové ceny investice na hodnoty opce opuštění

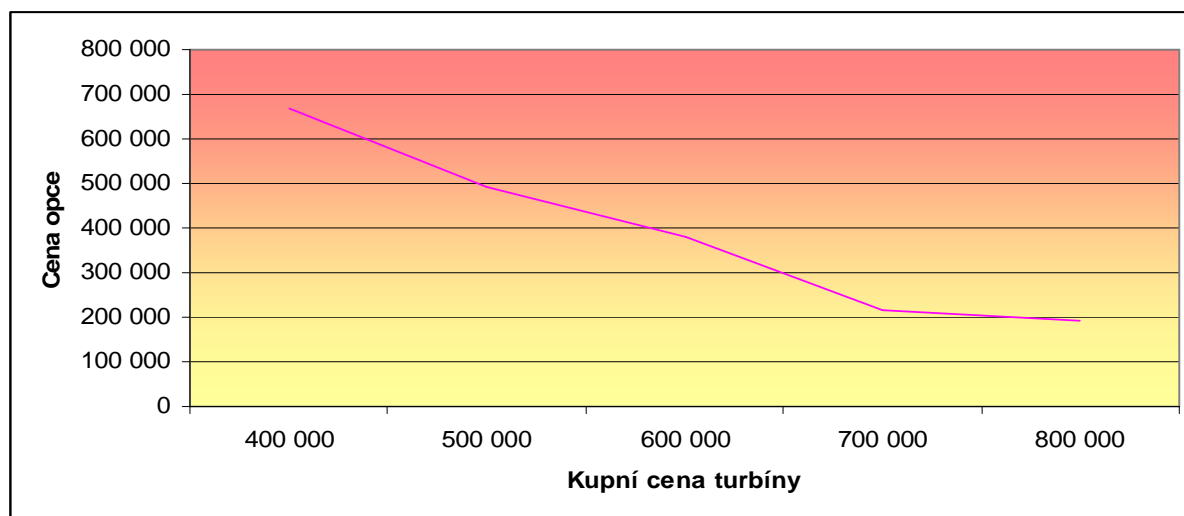


Realizační cenu u opce na rozšíření představuje cena rozšířené části. V našem případě se jedná o kupní cenu nově pořízené turbíny. Z Tabulky 4.10 a Grafu 4.11 je patrné, že s vyšší cenou kupní ceny nové turbíny se snižuje hodnota opce na rozšíření.

Tab. 4.10 Citlivost změny kupní ceny rozšířené části na hodnoty opce rozšíření

Kupní cena nové turbíny	Hodnota opce
400 000	669 486
500 000	490 830
600 000	380 943
700 000	217 131
800 000	191 197

Graf 4.10 Citlivost změny kupní ceny rozšířené části na hodnoty opce rozšíření



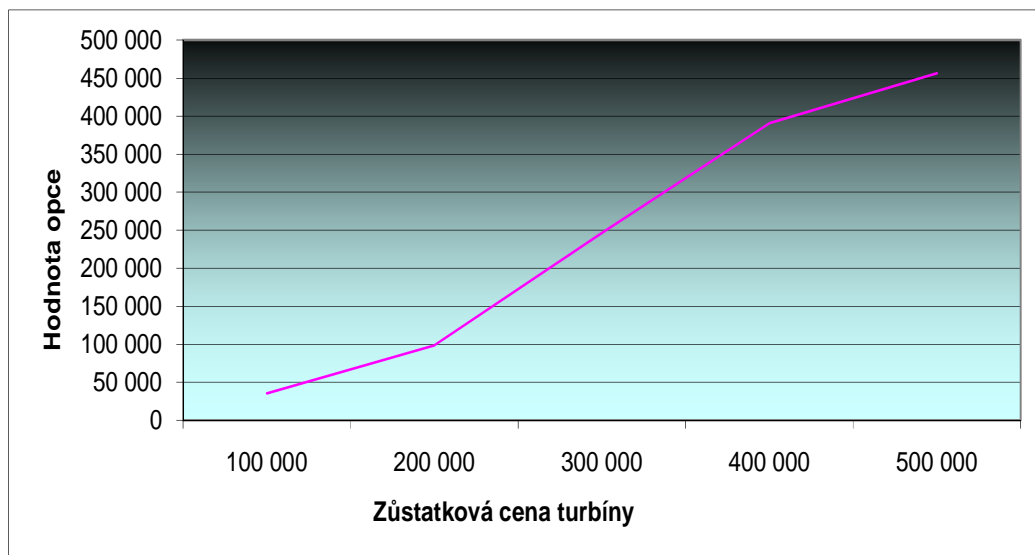


Realizační cenu u opce na úžení představuje cena prodané části. V našem případě se jedná o prodejní cenu jedné z turbín. Z Tabulky 4.11 a Grafu 4.12 je možné vyčíst, že s vyšší cenou prodejní ceny turbíny se zvyšuje hodnota opce na zúžení.

Tab. 4.11 Citlivost změny kupní ceny rozšířené části na hodnoty opce zúžení

Zůstatková cena turbíny	Hodnota opce
100 000	35 424
200 000	98 452
300 000	246 507
400 000	390 525
500 000	456 232

Graf 4.12 Citlivost změny kupní ceny rozšířené části na hodnoty opce zúžení



Z výše uvedeného vyplývá, že hodnota americké put opce na opuštění projektu se pohybuje stejným směrem jako hodnota americké put opce na zúžení projektu. Analogicky tedy bude reagovat hodnota opce na odložení projektu jako hodnota opce na rozšíření projektu, jelikož se jedná v obou případech o americké call opce.

## 5 Závěr

Diplomová práce je rozdělena do tří hlavních částí. V první části je popsána metodologie finančních opcí a z ní vyplývající metodologie opcí reálných. Jsou popsány nejpoužívanější strategie a modely pro oceňování opcí a dále komparovány opce finanční s opcemi reálnými. Ve druhé části je popsán investiční záměr a podmínky, ve kterých jsou stanovovány vstupní parametry pro ocenění projektu. Dále je vytvořena nákladová analýza jako podklad pro praktickou část práce. V poslední části je aplikováno ocenění projektu malé vodní elektrárny pomocí diskrétního binomického modelu na bázi replikační strategie. Hodnota MVE je vyčíslena jak pasivní metodou, tak i s možností aktivních zásahů.

V prvním kroku oceňování byla provedena analýza vstupních parametrů a pomocí metody nejmenších čtverců testován náhodný proces podkladového aktiva. Bylo potvrzeno, že podkladové aktivum (výkupní ceny energií) se vyvíjí dle geometrického Brownova procesu. Následně byla oceněna malá vodní elektrárna pomocí diskrétního binomického modelu pro více období. Pasivní metodou byla zjištěna čistá současná hodnota plánované malé vodní elektrárny 5 223 250 Kč. Poté byly ohodnoceny čtyři aktivní zásahy během životnosti projektu jako americké jednofaktorové opce. Čistá současná hodnota MVE s opcí na opuštění projektu během doby životnosti projektu je stanovena na 5 290 641 Kč. Hodnota opce na opuštění projektu činí 67 391 Kč. Čistá současná hodnota při rozšíření projektu během doby životnosti je rovna 5 604 193 Kč. Hodnota opce pro rozšíření výrobních kapacit MVE je 380 943 Kč. Čistá současná hodnota při zúžení projektu během doby životnosti je rovna 5 469 757 Kč. Hodnota opce pro zúžení výrobních kapacit MVE je 246 507 Kč. Čistá současná hodnota při odložení výstavby elektrárny o jedno období je rovna 5 910 647 Kč. Hodnota opce pro odložení výstavby je pak stanovena na 687 397 Kč.

Role opčních metod a přístupů se v posledních letech výrazně zvyšuje. Vývoj opční metodologie je pokládán za velmi perspektivní oblast vědeckého výzkumu, neboť největším nedostatkem tradičních dynamických metod je nezahrnování flexibility do rozhodování o investicích. Ovšem stále nenahrazuje tradiční přístupy ocenění, pouze doplňuje a rozšiřuje stávající metody. Ocenění pomocí opcí je vhodné uplatňovat tam, kde je vysoký stupeň rizika a existuje reálná možnost uplatnění některého z aktivních zásahů.

# Seznam použitých zdrojů

## Seznam odborné literatury:

- [1] AMBROŽ Luděk. Oceňování opcí. 1. vyd. Praha: C.H. Beck, 2002. 313 s. ISBN 80-7179-531-3
- [2] BLAHA Zdeněk Sid, JINDŘICHOVSKÁ Irena. Opce, swapy, futurem: deriváty finančního trhu. 2. vyd. Praha: Management Press, 1997. 206 s. ISBN 80-85943-29-8
- [3] DLUHOŠOVÁ Dana. Finanční řízení a rozhodování podniku. 1. vyd. Praha: Ekopress, 2006. 191 s. ISBN 80-86-119-580
- [4] DLUHOŠOVÁ D., ČULIK M., TICHÝ T., ZMEŠKAL Z. Aplikace metodologie reálných opcí ve finančním rozhodování. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2006. 215 s. ISBN 80-248-1061-1
- [5] GIBSON Rajna. Option valuation: analyzing and pricing standardized option contracts. New York: McGraw-Hill, 1991. 304 s. ISBN 0-07-023447-7
- [6] HULL John. Option, futures and the other derivatives. 5th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2003, 744 s. ISBN 0-13-009056-5
- [7] SCHOLLEOVÁ Hana. Reálné opce. 1. vyd. Praha: Oeconomica, 2005. 102 s. ISBN 80-245-0868-0
- [8] TICHÝ Tomáš. Finanční deriváty: typologie finančních derivátů, podkladové procesy, oceňovací modely. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2006. 162 s. ISBN 80-248-1180-4
- [9] VALACH Josef: Investiční rozhodování a dlouhodobé financování. 2. vyd. Praha: Ekopress, 2006. 465 s. ISBN 80-86929-01-9

[10] ZMEŠKAL Zdeněk a kol.: Finanční modely. 2. vyd. Praha: Express, 2004. 236 s. ISBN 80-86-119-87-4

**Elektronické zdroje:**

[11] BURZA CENNÝCH PAPÍRŮ PRAHA: Kurzovní lístek [cit. 12.12.2009]. Dostupné z WWW: <<http://www.bcpp.cz/Kurzovni-Listek/Oficialni-KL/>>

[12] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD: Míra inflace [cit. 12.12.2009]. Dostupné z WWW: <[http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/mira\\_inflace](http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/mira_inflace)>

[12] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD: Princip stanovení výkupních cen [cit.2.3.2009]. Dostupné z WWW: <[http://www.aem.cz/svse/ae051206/eru\\_kodousek.ppt#370,10](http://www.aem.cz/svse/ae051206/eru_kodousek.ppt#370,10), Obnovitelné zdroje princip stanovení výkupních cen I>

[14] TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV: Archív cenových rozhodnutí [cit. 12.12.2009]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=15&i=12#p550>>

[15] VODNÍ A TEPELNÉ ELEKTRÁRNY [cit.2.3.2009]. Dostupné z WWW: <<http://www.vodni-tepelne-elektrarny.cz>>

## Seznam použitých zkratek

atd.      a tak dále

tj.        to jest

tzv.      takzvané

např.    například

CF        cash flow

# Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30.4.2010

.....  
jméno a příjmení studenta

Adresa trvalého pobytu studenta:

Z. Bára 6, 700 30 Ostrava 30